

**DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCIÓN PARA LA  
EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A. UTILIZANDO TECNICAS DE  
PLANEACIÓN AGREGADA**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS  
2009**



**DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCIÓN PARA LA EMPRESA  
CELLUX COLOMBIANA S.A. UTILIZANDO TECNICAS DE PLANEACIÓN  
AGREGADA**

**JAIME AUGUSTO LEYVA CÉSPEDES  
MARÍA VICTORIA RAMOS RUIZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS  
2009**



**DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCIÓN PARA LA EMPRESA  
CELLUX COLOMBIANA S.A. UTILIZANDO TECNICAS DE PLANEACIÓN  
AGREGADA**

**JAIME AUGUSTO LEYVA CÉSPEDES  
MARÍA VICTORIA RAMOS RUIZ**

Trabajo de grado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Industrial

Tutor-Asesor Temático  
**JAIRO RAFAEL CORONADO HERNÁNDEZ**  
Ingeniero Industrial

Asesor Metodológico  
**ADALGIZA CÉSPEDES DE LEYVA**  
Trabajadora Social. Espe. en RR. HH.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS  
2009**

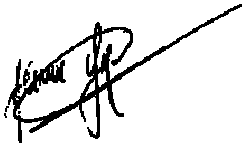
Cartagena de Indias D.T. y C. 15 de octubre 2009

Señores  
**COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
Cartagena

Cordial saludo.

A través de esta misiva les estamos haciendo entrega del Informe Final del trabajo de grado titulado: "**DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCIÓN PARA LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A. UTILIZANDO TECNICAS DE PLANEACIÓN AGREGADA**", para su correspondiente evaluación y aprobación.

Atentamente,



**JAIME AUGUSTO LEYVA CÉSPEDES**

Código: T00013537  
CC. 1128049432



**MARÍA VICTORIA RAMOS RUIZ**

Código: T00016147  
CC. 1128047762



Cartagena de Indias D.T. y C. 15 de octubre 2009

Señores  
**COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
Cartagena

Cordial saludo.

Nos permitimos comunicarles que los estudiantes **JAIME AUGUSTO LEYVA CÉSPEDES Y MARÍA VICTORIA RAMOS RUIZ**, desarrollaron para esta empresa un proyecto de investigación titulado **"DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCIÓN PARA LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A. UTILIZANDO TECNICAS DE PLANEACIÓN AGREGADA"**, para dar cumplimiento a su trabajo de grado y aportar a la empresa una solución al problema presentado en su departamento de producción.

Cellux les proporcionó a los estudiantes toda la colaboración necesaria para dar cumplimiento hasta el final a su proyecto de grado y logró para esta empresa el Diseño del Plan Maestro de Producción.

Atentamente

  
**IQ. AYARIB YEPES PATERNINA**  
Jefe de Conversión e I&D  
Cellux Colombiana S.A.

Cartagena de Indias D.T. y C. 15 de octubre 2009

Señores  
**COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
Cartagena

Cordial saludo.

Me permito informarles que he seguido paso a paso la temática del Informe final titulado "**DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCIÓN PARA LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A. UTILIZANDO TECNICAS DE PLANEACIÓN AGREGADA**", realizado por los estudiantes **JAIME AUGUSTO LEYVA CÉSPEDES Y MARÍA VICTORIA RAMOS RUIZ**, en el cual me desempeñé cumpliendo la función de Tutor y Asesor Temático, por tanto manifiesto mi participación en la orientación y conformidad con el resultado obtenido.

Atentamente.

  
CC# 7314142  
**SAIRO RAFAEL CORONADO HERNÁNDEZ**  
Ingeniero Industrial  
Tutor-Asesor Temático

Cartagena de Indias D.T. y C. 15 de octubre 2009

Señores  
**COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
Cartagena

Cordial saludo.

Me permito informarles que he seguido paso a paso el proceso metodológico del informe titulado **"DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCIÓN PARA LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A. UTILIZANDO TECNICAS DE PLANEACION AGREGADA"**, realizado por los estudiantes **JAIME AUGUSTO LEYVA CÉSPEDES Y MARÍA VICTORIA RAMOS RUIZ**, en el cual me desempeñé cumpliendo la función de Asesor Metodológico, por lo tanto manifiesto mi participación en la orientación y conformidad con el resultado obtenido.

Atentamente,



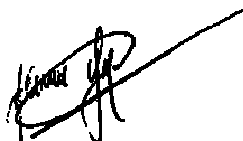
**ADALGIZA CÉSPEDES DE LEYVA**  
Asesor Metodológico

Cartagena de Indias D.T. y C. 15 de octubre 2009

Señores  
**COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
Cartagena

**Ref.: AUTORIZACIÓN**

Nosotros, **JAIME AUGUSTO LEYVA CÉSPEDES** y **MARIA VICTORIA RAMOS RUIZ**, identificados como aparece al pie de las correspondiente firmas autorizamos a la Universidad Tecnológica de Bolívar a publicar nuestra tesis de grado titulada: **"DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCIÓN PARA LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A. UTILIZANDO TECNICAS DE PLANEACIÓN AGREGADA"** en el **CATALOGO ON LINE** de la biblioteca.



**JAIME AUGUSTO LEYVA CÉSPEDES**

Código: T00013537

CC. 1128049432



**MARIA VICTORIA RAMOS RUIZ**

Código: T00016147

CC. 1128047762



## **ARTICULO 23**

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos de sus alumnos en los trabajos de tesis. Solo velará por que no se publique nada contrario al dogma y a la moral, y porque las tesis no contengan ataques personales contra nadie, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y justicia”.



Nota de aceptación

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma de presidente del jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado

Cartagena de Indias D.T. y C., 15 octubre de 2009

*Dedico este proyecto de grado y toda mi carrera universitaria:*

*A Dios, porque ha estado a mi lado en todo momento, dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presentan.*

*A mis padres Jaime Leyva Torres y Adalgiza Céspedes de Leyva, porque gracias a ellos he llegado a ser quien soy, ustedes han sido el motor que impulsa mi existencia. Gracias por ese proyecto de vida que me construyeron, los cuales son mis cimientos para soportar mi futuro. Gracias por el amor y el apoyo que me dan, por esa gran dosis de tolerancia y paciencia las cuales han sido necesarias para seguir adelante, Gracias por estar siempre ahí velando por mi salud, en los buenos y malos momentos, durante mis estudios y en todas las etapas de mi vida, a ustedes les debo todo, horas de consejos, de regaños, de desvelos, de las cuales estoy muy seguro que las hicieron con todo el amor del mundo para formarme como a un ser integral y de las cuales me siento extremadamente orgulloso.*

*A mi hermana Jullie Pauline, para que siempre tenga presente que lo más importante en la vida es la familia, sin ella no llegamos nunca a alcanzar la meta, el triunfo y la felicidad que hoy siento al culminar esta primera etapa de mi vida.*

*A mis abuelitos Papá Nacho y Mamá Olga que siempre estuvieron allí para apoyarme., los quiero mucho.*

*A mi compañera y amiga Maria Victoria Ramos Ruiz, por sus buenos consejos, su tolerancia y paciencia durante estos 5 largos años, Vicky eres una persona incondicional y una excelente amiga. Te quiero mucho*

*Jaime Augusto*

*Dedico este Trabajo de Grado*

*A Dios por ser la fuente de mi vida, mi creador, mi fortaleza y mi guía en todo momento. Gracias Dios por regalarme la inteligencia, la perseverancia y la paciencia para lograr este peldaño más de la escalera del triunfo.*

*A mis padres Remberto Ramos Torreglosa , Judith Ruiz de Ramos que han sido pilares en mi camino personal y profesional., por sus noches de desvelos, por enseñarme que con empeño, esfuerzo y dedicación se logra llegar a la meta. Gracias Padres por estar siempre ahí conmigo en los buenos y malos momentos, en la felicidad y enfermedad, hoy me siento orgullosa con Dios por haberlos escogidos para que fueran mis padres.*

*A mis hermanos Jinnys Ramos Ruiz y Omar Ramos Ruiz por ser mis amigos, por su apoyo incondicional., por estar siempre allí cuando los necesité, al igual que a mis sobrinas. A mis Abuelos Paternos y maternos por sus consejos y ayuda.*

*A mi compañero Jaime Leyva Céspedes porque en estos cinco años nuestra amistad creció, al igual que a la Señora Adalgiza Céspedes de Leyva, que ha sido como mi segunda mamá, siempre pendiente de mi , mil gracias por su acompañamiento y apoyo incondicional.*

*A una persona incondicional Efrain Morales Monterroza que siempre me dio muchos consejos y fortaleza cuando lo necesite.*

*A mis familiares y compañeros que me acompañaron en cada uno de los momentos de mi vida académica y profesional.*

*María Victoria*



## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

A **Dios**, porque todo fue posible gracias a Él, por otorgarnos la sabiduría, la perseverancia, la paciencia, la salud y la visión para lograr este gran paso en nuestras vida y el inicio de muchos más.

A **nuestros padres**, por su constante sacrificio, apoyo y confianza en nuestros sueños. Gracias a ustedes somos las personas que hoy somos y con la promesa de seguir adelante.

A la empresa **Cellux Colombiana S.A** por habernos permitido realizar nuestro proyecto de grado, por su tiempo y su colaboración, en especial a la Señora Julia Pardo Carmona, Ayarid Yepes Paternina, Angel Torres y Gustavo Barboza, quienes nos apoyaron para alcanzar este sueño.

A nuestro Tutor y Asesor temático **Jairo Coronado Hernández**, por su tiempo, sus valiosos y acertados aportes, por su apoyo incondicional y acompañamiento en el desarrollo de este proyecto de grado, que a pesar de la distancia en esta parte final del trabajo estuvo siempre pendiente de cada paso que dabamos y nunca la sentimos como un obstáculo, no sabe cuanto se lo agradecemos por que con su granito de arena hoy pudimos culminar el proyecto.

A la **Universidad Tecnológica de Bolívar**, por darnos la oportunidad de formarnos en esta institución, para ser unas personas proactivas, emprendedoras y exitosas, allí construimos los pilares de nuestro futuro como profesional.

A todos los **Docentes** que nos guiaron durante nuestro aprendizaje, por su voluntad permanente e incondicional en aclarar nuestras dudas y por sus substanciales sugerencias durante la realización de trabajos aplicativos. Mil gracias siempre los recordaremos y les agradeceremos por habernos ayudado a colocar un peldaño más en la escalera del triunfo.

A nuestra querida Madre y Amiga **Adalgiza Céspedes de Leyva**, por sus excelentes y acertados consejos, por su tiempo y asesoramiento metodológico, por sus valiosos aportes los cuales enriquecieron este proyecto para llevarlo a feliz término.

A todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron y participaron en la realización de esta investigación, a ellos hacemos extensivo nuestros más sinceros agradecimientos.

## CONTENDIO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1	27
1.1	27
1.2	29
1.3	29
1.4	29
1.5	30
1.5.1	30
1.5.2	30
1.6	30
1.7	32
1.8	33
1.9	33
1.10	33
1.11	35
1.12	35
1.13	36
2	37
2.1	37
2.2	40
2.2.1	40
2.2.2	40
2.2.3	40
2.2.4	41
2.2.5	41
2.2.6	41
2.3	46
2.3.1	47
2.3.2	48
2.3.3	49
2.3.4	53

2.3.5	Planeación y control de la capacidad	55
2.3.6	Inventarios	55
2.4	MARCO CONCEPTUAL	58
3	DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CELLUX COLOMBIANA S.A A TRAVÉS DE CURSOGRAMAS SINÓPTICO, ANALÍTICOS, DIAGRAMA DE FLUJO, RECORRIDO Y LOS SIPOCS.	62
3.1	CURSOGRAMA SINÓPTICO	66
3.1.1	Pasos para realizar un Cursograma Sinóptico.	66
3.1.2	Enfoques de un Cursograma Sinóptico.	66
3.1.3	Metodología utilizada para la realización del cursograma sinóptico para la empresa Cellux S.A .	67
3.2	CURSOGRAMA ANALÍTICO	69
3.2.1	Metodología utilizada para la realización de los Cursogramas Analíticos para la empresa Cellux Colombiana S.A.	69
3.3	DIAGRAMA DE FLUJO	73
3.3.1	Simbologías diagramas de flujo	73
3.3.2	Metodología utilizada para la realización del diagrama de flujo para la empresa Cellux Colombiana S.A.	73
3.4	DIAGRAMA DE RECORRIDO	75
3.4.1	Metodología utilizada para la realización del diagrama de recorrido para la empresa Cellux Colombiana S.A.	75
3.4.2	Actividades Realizadas en el Diagrama de recorrido	75
3.5	SIPOC DE LOS SUBPROCESOS DE LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A	77
3.5.1	Metodología utilizada para la realización de los SIPOCS para la empresa Cellux Colombiana S.A.	77
4.	ANÁLISIS DE LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA ACTUAL DE CELLUX COLOMBIANA S.A.	89
4.1	PROCEDIMIENTO PAREA LA REALIZACIÓN DE PRONÓSTICOS CON EL PROGRAMA STATGRAPHICS CENTURION IV.	90
4.2	RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS PRONÓSTICOS	95
5	DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PARA ESTABLECER EL PLAN MAESTRO EN UNA PERSPECTIVA DE PLANEACIÓN EN LA EMPRESA CELLUX S.A.	122
5.1	PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A.	125
5.2	DATOS DE ENTRADA DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL	127
5.3	REQUERIMIENTOS DE MATERIA PRIMA PARA LAS REFERENCIAS 102, 563, 700, 702 EN LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A.	131
6	VALIDACIÓN Y COMPARACIÓN DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PROPUESTO CON EL ACTUAL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.	138
6.1	RESULTADOS ARROJADOS POR EL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL	140

	UTILIZANDO EL PROGRAMA GAMS	
6.2	COMPARACIÓN DEL MODELO DEL SISTEMA DE PLANIFICACION ACTUAL VS. MODELO PROPUESTO	142
7	CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES	146
7.1	CONCLUSIONES	146
7.2	RECOMENDACIONES	147
	BIBLIOGRAFIA	149
	ANEXOS	152





## LISTA DE DIAGRAMAS Y CUADROS

	Pág.
Diagrama 1. Aspectos a considerar en el plan de la producción	54
Cuadro 1. Clasificación de los métodos de pronósticos	49
Cuadro 2. Taller de materia prima	64
Cuadro 3. Taller de corte y conversión	64
Cuadro 4. Taller de producto terminado	65

## LISTAS DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Demanda Ref. 102 12x20	97
Gráfico 2. Pronósticos Ref. 102 12x20	97
Gráficos 3. Demanda ref. 102 12x30	98
Gráfico 4. Pronósticos Ref. 102 12x30	98
Gráfico 5. Demanda Ref. 102 12x40	100
Gráfico 6. Pronósticos Ref. 102 12x40	100
Gráficos 7. Demanda Ref 102 12x5	101
Gráfico 8. Pronósticos Ref. 102 12X5	101
Gráfico 9. Demanda Ref. 563 12x23	103
Gráfico 10. Pronósticos Ref. 563 12x23	103
Gráfico 11. Demanda Ref. 563 12x40	104
Gráfico 12. Pronóstico Ref. 563 12x40	104
Gráfico 13. Demanda Ref. 563 18x23	106
Gráfico 14. Pronóstico Ref. 563 18x23	106
Gráfico 15. Demanda Ref. 563 18x40	107
Gráfico 16. Pronósticos Ref. 563 18x40	107
Gráfico 17. Demanda Ref. 563 24x23	109
Gráfico 18. Pronósticos Ref. 563 24x23	109
Gráfico 19. Demanda Ref. 563 24x40	110
Gráfico 20. Pronósticos Ref. 563 24x40	110
Gráfico 21. Demanda Ref. 563 48x25	112
Gráfico 22. Pronósticos Ref. 563 48x25	112
Gráfico 23. Demanda Ref. 563 48X40	113
Gráfico 24. Pronósticos Ref. 563 48X40	113
Gráfico 25. Demanda Ref. 700 48x100	115
Gráfico 26. Pronósticos Ref. 700 48x100	115
Gráfico 27. Demanda Ref. 700 48x23	116
Gráfico 28. Pronósticos Ref. 700 48x23	116
Gráfico 29. Demanda Ref. 700 48x40	118
Gráfico 30. Pronósticos Ref. 700 48x40	118
Gráfico 31. Demanda Ref. 702 48x40	119
Gráfico 32. Pronósticos Ref. 702 48x40	119
Gráfico 33. Demanda Ref. 702 48x100	121
Gráfico 34. Pronóstico Ref. 702 48x100	121

## LISTAS DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores Errores Estadisticos ref. 120 12x20	95
Tabla 2. Cálculos de los Periodo de Estimación	96
Tabla 3. Pronósticos Ref. 102 12x20	96
Tabla 4. Errores Estadisticos Ref. 102 12x30	97
Tablas 5 Cálculos de los Periodo de Estimación.	97
Tabla 6. Pronósticos Ref. 102 12x30	98
Tabla 7. Errores Estadisticos Ref. 102 12x40	99
Tablas 8. Cálculos de los Periodo de Estimación	99
Tabla 9. Pronósticos Ref. 102 12x40	99
Tabla 10. Errores Estadisticos Ref. 102 12x5	100
Tablas 11. Cálculos de los periodo de estimación.	101
Tabla 12. Pronósticos Ref. 102 12x5	101
Tabla 13. Errores Estadisticos Ref. 563 12x23	102
Tablas 14. Cálculos de los Periodo de Estimación	102
Tabla 15. Pronósticos referencias 563 12x23	102
Tabla 16. Errores Estadisticos Ref. 563 24x40	103
Tablas 17. Cálculos de los Periodo de Estimación	104
Tabla 18. Pronósticos referencias 563 12x40	104
Tabla 19. Errores Estadisticos Ref. 563 12x23	105
Tablas 20. Cálculos de los Periodo de Estimación	105
Tabla 21. Pronósticos referencias 563 18x23	105
Tabla 22. Errores Estadisticos Ref. 563 18x40	106
Tablas 23. Cálculos de los Periodo de Estimación	106
Tabla 24. Pronósticos referencias 563 18x40	107
Tabla 25. Errores Estadisticos Ref. 563 24x23	108
Tablas 26. Cálculos de los Periodos de Estimación	108
Tabla 27. Pronósticos referencias 563 24x23	108
Tabla 28. Errores Estadisticos Ref. 563 24x40	109
Tablas 29. Cálculos de los Periodo de Estimación	110
Tabla 30. Pronósticos referencia 563 24x40	110
Tabla 31. Errores Estadisticos Ref. 563 48x25	111
Tablas 32. Cálculos de los Periodo de Estimación	111
Tabla 33. Pronósticos referencias 563 48x25	111
Tabla 34. Errores Estadisticos Ref. 563 48x40	112
Tablas 35. Cálculos de los Periodos de Estimación	113
Tabla 36. Pronósticos referencias 563 48x40	113
Tabla 37. Errores Estadisticos Ref. 700 48x100	114
Tablas 38. Cálculos de los Periodo de Estimación	114

Tabla 39. Pronósticos referencias 700 48x100	114
Tabla 40. Errores Estadísticos Ref. 700 48x23	115
Tabla 41. Cálculos de los Período de Estimación	115
Tabla 42. Pronósticos referencias 700 48x23	116
Tabla 43. Errores Estadísticos Ref. 700 48x40	117
Tablas 44. Cálculos de los Periodo de Estimación	117
Tabla 45. Pronósticos referencias 700 48x40	117
Tabla 46. Errores Estadísticos Ref. 702 48x40	118
Tablas 47. Cálculos de los Periodo de Estimación	119
Tabla 48. Pronósticos referencia 702 48x40	119
Tabla 49. Errores Estadísticos Ref. 702 48x100	120
Tablas 50. Cálculos de los Periodo de Estimación	120
Tabla 51. Pronósticos referencia 702 48x100	120
Tabla 52. Matriz de incidencia de la empresa Cellux Colombiana S.A.	123
Tabla 53. Datos Cálculo de Costos	128
Tabla 54. Datos Cálculo tiempos	129
Tabla 55. Datos Cálculo Inventario Inicial Rollos y Bajadas	130
Tabla 56. Datos Cálculo Inventario de seguridad, rollos .	131
Tabla 57. Requerimiento Materia Prima Ref. 102	133
Tabla 58. Requerimiento Materia Prima Ref. 563	134
Tabla 59. Requerimiento Materia Prima Ref. 700 - 702	136
Tabla 60. Datos Produccion, Inventario Ref. 102C-12X5	141
Tabla 61. Datos Produccion e Inventario Ref. 102 12x20	141
Tabla 62. Demanda máquina M-250 ref. 102 12x5	142
Tabla 63. Comparación cálculo y diferencia de los costos de producción refe. 102 M-250	142
Tabla 64. Demanda máquina NGR -350 ref. 102 12x30 -12x40	143
Tabla 65. Comparación cálculo y diferencia de los costos de producción ref. 102 NGR -350	143
Tabla 66. Demanda máquina ARROW ref. 563 12x23, 12 x 40 , 48x25, 48x40	143
Tabla 67. Comparación cálculo y diferencia de los costos de producción Ref. 563 Maquina ARROW	144
Tabla 68. Demanda máquina M-3000 ref. 563 18x23 18x40 24x23 24x40	144
Tabla 69. Comparación cálculo y diferencia de los costos de producción Ref. 563 M-3000	144
Tabla 70. Demanda máquina TS-200 ref. 700 48x23 48x40 48x90 702- 48x100 48x180	145
Tabla 71. Comparación cálculo y diferencia de los costos de producción Ref. 700 – 702 Maq.TS-200	145

**LISTAS DE ANEXOS**

	Pág.
Anexo A. Recursos Administrativos	153
Anexo B. Cronograma de Actividades	154
Anexo C. Tablas de datos calculados utilizando los pronosticos del capitulo 4 de las referencias 102 - 563 – 700 - 702	156
Anexo D. Tablas cálculo datos del primer semestre de 2009 – referencias 102 - 563 – 700 - 702	161

## RESUMEN

El problema apuntó a realizar un Plan Maestro de Producción para la empresa Cellux Colombiana S.A. con fin de solucionar varios aspectos de la planeación estratégica del sistema de producción actual como: —Definir por qué no se estaban haciendo los pronósticos de demanda, hecho que originaba falta de recursos y materia prima para producir y cumplir con los pedidos, lo que trajo como consecuencia el incumplimiento a los clientes debido a las demoras en la producción, producto de los tiempos ociosos, tiempos de alistamiento de maquinas y en algunos casos mantenimientos correctivos, estos retrasos o demoras en las entregas fueron provocado devoluciones de manera repetitiva, por tanto se fueron generado altos costos asociados a flete e inventario. — Se elaboró un diagnóstico y con los resultados del mismo se procedió a diseñar el plan maestro de APP utilizando planeación agregada bajo el modelo de programación lineal ya que de todas las técnicas de APP fue la que más se ajustó a las necesidades de la empresa, además porque este modelo si asegura la solución óptima de un problema, de esta manera se determinó el tamaño de los lotes, lo que permitió mejorar las debilidades que venía presentando. **Su objetivo** apuntó a Diseñar un plan maestro de la producción utilizando como técnica de APP un modelo de programación lineal para determinar el tamaño de lotes en la empresa Cellux Colombiana S.A. con el propósito de minimizar los costos asociados a la misma.

**Método.** Por el propósito o finalidades perseguidas en el estudio se utilizó un tipo de Investigación básica y aplicada. Por la clase de medios utilizados para obtener los datos se manejó las fuentes de carácter documental y de campo. Se trabajó con documentos que se encontraban en los archivos de la empresa como estándares e información del flujo productivo de los diferentes procesos empleados en la empresa como su software ERP, fichas técnicas además del trabajo de campo realizado durante su proceso productivo. Por el nivel de conocimientos que se adquirió se utilizó la investigación exploratoria descriptiva porque su propósito fue destacar los aspectos fundamentales de la problemática presentada en Cellux Colombiana S.A. y encontrar los procedimientos adecuados para elaborar el Plan Maestreo de Producción y descriptiva porque a través de ella se logró caracterizar el problema de Cellux Colombiana S.A. de manera concreta, señalando sus propiedades.

El método de muestreo utilizado fue el no probabilístico a juicio para poblaciones finitas, ya que este método se caracteriza porque no se necesita de un marco muestral por cuanto lo más importante es la argumentación e interpretación de lo observado e indagado. La población y muestra estuvo conformada por fuentes documentales impresas y por el software de producción de Cellux Colombiana S.A., de los cuales se obtuvieron los datos fundamentales para elaborar el diseño del modelo como: Obtención histórica de las cantidades vendidas mes a mes de cada producto, indagación sobre el tipo de producto, costos y tiempos de producción estimados, determinación de inventario de seguridad y de la capacidad de producción. El procesamiento de la información se realizó a través del análisis e interpretación de los resultados de toda la información recopilada, la cual sirvió para hacer un análisis deductivo de la misma. Una vez se elaboró el modelo fue validado en la empresa Cellux Colombiana S.A., para finalmente cotejarlo con el utilizado en esa emprtesa actualmente.

La conclusión resultante y más relevante después de comparado los dos modelos fue la siguiente: se minimizaron costos de producción, propone un inventario de seguridad mínimo del 30% de la capacidad que tiene la bodega para almacenar cada artículo de las referencias estudiadas, se reducen los tiempos de producción eliminando horas extras, igualmente se redujo a cero (0) los costos por faltantes.

**Palabras Claves:** Modelo de programación lineal, minimización de costos, técnicas de APP, Plan Maestro de Producción.

## **ABSTRACT**

The problem pointed to undertake a Master Production for the company Cellux Colombiana SA in order to address several aspects of the strategic planning of current production system as: "Define why were not making the demand forecasts, a fact that originated lack of resources and raw materials to produce and fulfill orders, which brought result in the breach to customers because of production delays, the product of idle times, setup times of machines and corrective maintenance in some cases, these delays or delivery delays were caused returns repeatedly, is therefore were generated high costs associated with shipping and inventory. He developed a diagnosis and the results thereof shall be proceeded to design the master plan using PPP added planning under the linear programming model because all the techniques that PPP was the best fit to the needs of the company, also because this model does ensure the optimal solution to a problem, so we determined the size of lots, which allowed improving the weaknesses that had been presented. Its aim is to design a master plan technical production using PPP as a model of linear programming to determine the size of lots in the company Cellux Colombiana SA in order to minimize costs associated with it.

**Method.** For the purpose or purposes pursued in the study used a type of basic and applied research. For the class of methods used to obtain the data was handled in documentary sources and field. We worked with documents that were in the files of the company as standards and information flow production in various processes in the company as its ERP software, in addition to technical field work during its production process. On the level of knowledge that was acquired was used for descriptive exploratory research was aimed at highlighting the fundamental aspects of the problems presented in Cellux Colombiana SA and find the appropriate procedures to develop the Plan and descriptive sampling of production because it was achieved through characterize the problem of Cellux Colombiana SA concretely, noting their properties.

The sampling method used was not on trial probabilistic finite population, as this method is characterized in that there is no need of a sampling frame because the most important is the argument and interpretation of the observed and investigated. The population and sample consisted of printed and documentary sources for the production software Cellux Colombiana S.A, comprising the basic data were obtained to develop the design of the model as: Historical Collection quantities sold each month for each product, inquiry about the type of product, production costs and time estimates, determination of safety stock and production capacity. The information processing was done by analyzing and interpreting the results of all information collected, which served to make a deductive analysis of it. Once developed the model was validated in the company Cellux Colombiana SA, and finally it corresponds with that used in the present company

The resulting and most important conclusion after comparing the two models was the following: production costs were minimized, proposes a minimum safety stock of 30% of the capacity of the warehouse to store each item of the references studied, reducing production time by eliminating overtime, also was reduced to zero (0) for missing costs.

**Keywords:** Linear programming model, cost minimization techniques, JPA, Master Production.

## **INTRODUCCIÓN**

La producción es un proceso de transformación que convierte la materia prima en producto terminado, el cual a su vez posee un valor en el mercado. El producto se hace en combinación con la mano de obra, maquinaria, herramientas y energía. Los procesos de transformación usualmente envuelven una secuencia de pasos individuales, cada paso trae encerrado los materiales del estado final deseado, los cuales son referidos a las operaciones de producción, por tal razón es fundamental contar con una buena planeación estratégica.

Además hay que tener muy en cuenta que para la fabricación de cualquier producto se necesita una planeación y programación de las operaciones la cual se centra en el volumen y en el tiempo de producción de los mismos, la utilización de la capacidad de las operaciones, y el establecimiento de un equilibrio entre los productos y la capacidad entre los distintos niveles para lograr competir adecuadamente.

Por eso en toda empresa es recomendable tener una adecuada planeación estratégica, esta es una herramienta administrativa que ayuda a incrementar las posibilidades de éxito cuando se quiere alcanzar algo en situaciones de incertidumbre y/o de conflicto, actualmente la planeación no es una actividad corriente en nuestro medio y por tanto simultáneamente con el aprendizaje de modelos de planeación es necesario trabajar por desarrollar una cultura de la misma, por esta razón es recomendable realizar un plan maestro de producción el cual se utiliza para planificar partes o productos que tienen una gran influencia en los beneficios de la empresa o que asumen recursos críticos y que, por tanto, deben planificarse con especial atención.

Para la realización de un plan maestro se deben utilizar las técnicas de planeación agregada, este es un procedimiento valioso para facilitar el desarrollo de presupuestos de operación, determinar los niveles de la fuerza laboral, el tiempo extra y el inventario con el objetivo de minimizar costos. Estos resultados serán útiles en el momento de determinar un presupuesto de operaciones.

En ese orden de ideas se puede decir que la planeación agregada de la producción es uno de los aspectos que más se le ha invertido tiempo y recursos por parte de los ingenieros de operaciones, industriales y especialistas en producción por su grado de importancia en las empresas y en la toma de una buena decisión. A través del tiempo se han desarrollado infinidad de técnicas y modelos matemáticos, que tratan de encerrar los aspectos más relevantes de un proceso de fabricación como mano de obra, costos e inventarios; por cuanto estos modelos son útiles para el proceso de toma de decisiones administrativas, como por ejemplo la ampliación de la capacidad de una planta, más no como herramienta de predicción, como determinar el número exacto de unidades a producir en un período, a manera de ejemplo; esto debido a que la planeación agregada se basa en unidades y estándares de familias agregados, los cuales, no permiten una correcta precisión en el



plan, además, teniendo en cuenta el carácter objetivo con el que los modelos se diseñan, frecuentemente generan soluciones que a pesar de ser la menos costosa, no es la solución más adecuada, dado que no satisface los otros objetivos de decisión.

Hoy por hoy, una de las mayores inquietudes de la Ingeniería Industrial, es la duda que encierra aplicar las técnicas de producción orientadas hacia la planeación de recursos y a la aprobación de la capacidad de una planta. Hecho que usualmente se debe a la falta de sistemas de información, que además, en empresas donde existen estos recursos, hay inconformidad debido a que las decisiones administrativas que sugieren los resultados de estas técnicas, no reflejan la disposición de su preferencia, resultando de esta forma, insatisfecho con esa solución.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, el grupo investigador apuntó su trabajo al diseño de un Plan Maestro de Producción utilizando técnicas de planeación agregada a través de un modelo de programación lineal como una herramienta de gestión para la empresa Cellux Colombiana S.A. que sirva para satisfacer los objetivos propuestos, pero partiendo de las necesidades reales de la empresa, con el propósito de ser implementada satisfactoriamente con el aval y la colaboración del poder decisorio de la misma, de manera que pueda tener el éxito que se espera y así mejorar su proceso productivo y los tiempos de entrega de sus productos.

En ese orden se ideas, se presentan siete capítulos que conforman este trabajo de grado, cada uno hace alusión a su contenido pero todos guardan estrecha relación. En el capítulo uno se presenta el marco general del anteproyecto aprobado por el comité de evaluación de Ingeniería Industrial.

En el capítulo dos se determina el Marco Referencial que soporta el estudio, el cual está compuesto por el estado del arte, el marco histórico donde se da a conocer la Empresa y sus productos, el marco teórico con las diferentes teorías que sirvieron de base para el desarrollo del trabajo y el marco conceptual que establece los diferentes conceptos a utilizar a lo largo del proyecto.

El capítulo tres describe el diagnóstico del proceso productivo de la empresa Cellux, utilizando como herramientas cursograma sinóptico, analítico, de recorrido y SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) importantes para el reconocimiento de las diferentes secciones y talleres que hacen parte del proceso productivo de la misma.

En el capítulo cuatro se hace un análisis de la planeación estratégica de la empresa utilizando modelos de pronósticos los cuales se validaron obteniendo resultados con el fin de mejorar y realizar ajustes en el sistema productivo de Cellux.

El quinto capítulo presenta el diseño de la metodología a través de técnicas de planeación agregada, en este caso se planteó un modelo de Programación Lineal basados en las experiencias de otros estudios anteriores referenciados en el estado del arte del capítulo 2, ítem 2.1 pp. 37 (Tadei et al. (1995), Corominas et al. (2002), Lusa (2003), Corominas et al. (2004) y Corominas et al. (2007). Corominas et al. (2006), Caie, et. al., (1979), Wassenhove et. al., (1983), Nagarur (1977), Jairo Coronado Hernández y Gonzalo Mejía Delgadillo 1979).

En capítulo sexto se hizo la validación del modelo de programación lineal propuesto y se cotejó con el actual sistema de planificación de la producción de Cellux, con el propósito de determinar las mejoras resultantes del mismo.

Las conclusiones resultantes del proyecto y las posibles recomendaciones se establecieron en el capítulo siete. Finalizó el informe con la presentación de la Bibliografía y los Anexos complementarios.

## 1. MARCO GENERAL DEL ANTEPROYECTO

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

CELLUX COLOMBIANA S.A. es una empresa de producción de mayor proyección y crecimiento en Latinoamérica, con un paquete integral de soluciones en adherencia y elementos complementarios que facilitan la labor diaria en la industria, oficina, taller, hogar y colegio. Su sistema de fabricación está basado en el método de *make to order*<sup>♦</sup>.

Hasta el año 2008 la producción se planeaba fundamentándose en las demandas de las ventas del año anterior, a partir de las cuales se hacía un pronóstico para todo el año, así mismo se planeaba la cantidad de materia prima que se debía comprar y se hacía la programación del proceso productivo. Sin embargo en ese mismo año (2008) Cellux Colombiana S.A. optó por cambiar de adhesivo para reducir costos, hecho que provocó un aumento del 5.50% por concepto de reclamos (siendo la meta un máximo de 2%), por cuanto el adhesivo era de bajo *Tack*<sup>♦♦</sup> y la calidad del producto ya no era la misma, lo que provocó la inconformidad de sus clientes.

A raíz del problema anterior la empresa volvió a adquirir el adhesivo que se utilizaba anteriormente para dar cumplimiento a las solicitudes de los clientes, sin embargo, al tener pedidos pendientes, el número de productos a fabricar aumentaba con base a los pronósticos establecidos para cada mes, debido a la cantidad de reclamos y devoluciones los cuales implicaban un reprocesamiento de los productos, incrementando de esta manera el tiempo total de producción y la cantidad de productos a fabricar.

Por otra parte, debido al recorte de personal la empresa no cuenta actualmente con un gerente de producción que haga la planeación de la misma, en consecuencia, desde el mes de febrero del año que cursa no se hacen pronósticos de fabricación ni tampoco existe planeación agregada, lo que ha originado los siguientes problemas:

1. Se planifica solo la producción en el día a día, basándose en los pedidos de los clientes que se ingresan cada día y de los pedidos pendientes que ya se tenían, lo que a su vez origina demoras en la entrega de pedidos por la escases de materia prima e insumos que aún se siguen presentando.

---

<sup>♦</sup> Es un tipo de sistema de manufactura, representa un escenario de una empresa manufacturera que produce determinado artículo sólo bajo pedido.

<sup>♦♦</sup> Propiedad que tiene el adhesivo de adherirse en un contacto inicial a una superficie sin habersele hecho presión

2. Lo anterior le ha generado a Cellux Colombiana S.A un costo asociado a flete e inventario por valor de \$11.023.625 millones de pesos, afectando de esta manera la utilidad neta de la empresa, la cual tiene como meta mínima el 16% pero comenzó a forjar pérdidas de -1%, -3% y -13% en el primer trimestre de éste año.
3. Debido a la falta de planeación y de pronósticos de la producción, la materia prima en existencia no es suficiente, hecho que genera el incumplimiento de los pedidos a los clientes.
4. Adicionalmente los tiempos muertos generados entre el proceso de conversión y empaque dificultan la entrega a tiempo de los pedidos haciendo que el *tiempo de flujo* del proceso sea mayor, esto se debe a que los rollos una vez que son cortados son apilados y luego pasan al proceso de empaque dejando aquí un tiempo muerto.
5. A consecuencia del problema anterior, en muchas ocasiones no se cumple con el estándar de despacho que es de máximo 4 días.
6. La empresa no cuenta con niveles de inventarios de seguridad que le puedan ayudar a satisfacer la demanda en los periodos en los cuales se tiene incertidumbre de la demanda.

En el cuadro siguiente se presentan los costos incurridos por Cellux Colombiana S.A. entre los meses de enero a marzo de 2009, como resultados de la falta de un plan Maestro de producción.

D-21	Maltrato de la mercancía por la transportadora	\$ 123.354
A-19	Pedido no registra numero de orden de compra	\$ 2.667.544
A-21	Dirección errada en la factura	\$ 473.558
A-22	Facturado y no despachado	\$ 61.074
A-24	Cliente cancelo pedido por demoras en la entrega	\$ 11.023.625
T-20	Fácil desenrollado (efecto yoyo)	\$ 2.325.724
T-21	Baja adherencia (características del adhesivo)	\$ 846.166
T-24	Rollos ventaneados	\$ 695.970
T-27	Baja adherencia (baja depositación)	\$ 322.142
T-28	Baja fuerza tensil	\$ 564.591
T-50	Adhesivo cristalizado	\$ 34.069
T-73	Cumple especificaciones técnicas pero no satisface las necesidades del cliente	\$ 1.973.404
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 21.111.220</b>

Fuentes: Datos suministrados por la empresa Cellux Colombiana S.A.

Las razones anteriores han llevado a ésta empresa a necesitar de manera imperiosa diseñar un plan maestro de producción a través de la técnica de planeación agregada que más convenga a la empresa, con el fin de mejorar su planificación estratégica. En este orden de ideas se formula el siguiente interrogante:

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Qué modelo o técnica de Planeación Agregada se debe diseñar en la empresa Cellux Colombiana S.A. para determinar los tamaños de lotes a través de la planeación de la producción con el propósito de minimizar los costos asociados a la misma?

## 1.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El estudio se realizó en la empresa Cellux Colombiana S.A. en su planta de producción ubicada en la ciudad de Cartagena, en el Km. 4 de la zona Industrial de Mamonal. Se inició en la primera semana del mes de marzo del año 2009; después de haber recibido la autorización del gerente de Cellux Colombiana S.A. quien manifestó la necesidad de la empresa de hacer ésta investigación y dio el aval para la misma, a partir de ese momento se informó al tutor y se procedió a hacer la indagación de la bibliografía requerida para el proyecto y finalizó con la entrega del informe final en la fecha estipulada por la Universidad Tecnológica de Bolívar.

La temática de la investigación apuntó a realizar el diseño de un Plan Maestro de Producción elaborando un diagnóstico y revisando todos los aspectos negativos de la planeación estratégica del sistema de producción actual de la Planta de Cellux Colombiana S.A como: —Definir por qué no se estaban haciendo los pronóstico de demanda, hecho que originaba falta de recursos y materia prima para producir y cumplir con los pedidos, lo que trajo como consecuencia el incumplimiento a los clientes debido a las demoras en la producción, producto de los tiempos ociosos, tiempos de alistamiento de maquinas y en algunos casos mantenimientos correctivos, estos retrasos o demoras en las entregas fueron provocado devoluciones de manera repetitiva, por tanto se fueron generado altos costos asociados a flete e inventario. —Con los resultados del diagnóstico se procedió a diseñar el plan maestro de APP utilizando la técnica de planeación agregadao bajo el modelo de programación lineal que de todas las tecnicas de Planeación Agregada fue la que más se ajustó a las necesidades de la empresa y de esta manera se determinó el tamaño de los lotes, lo que permitió mejorar las debilidades que venia presentando Cellux Colombiana S.A.

## 1.4 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se enmarcó dentro de la línea de Investigación de **Productividad, Competitividad y Calidad**<sup>1</sup>: su objetivo es la evaluación de los niveles de productividad y competitividad de los sistemas productivos, para el diseño de modelos de productividad bajo premisas de lograr mejoras incrementales y radicales que generen ventajas diferenciales y se reflexione sobre los pensamientos

---

<sup>1</sup> Grupo de investigación en gestión de la innovación y el conocimiento, Universidad Tecnológica de Bolívar

y filosofías de calidad que permitan conceptualizaciones e interpretaciones innovadoras, mediante el diseño de sistemas de gestión, soportes para la fiabilidad o confiabilidad de procesos.

## **1.5. OBJETIVOS**

**1.5.1 Objetivo general.** Diseñar un plan maestro de la producción utilizando como técnica de planeación agregada un modelo de programación lineal para determinar el tamaño de lotes en la empresa Cellux Colombiana S.A. con el propósito de minimizar los costos asociados a la misma.

### **1.5.2 Objetivos específicos.**

- ✓ Elaborar un diagnóstico detallado del proceso productivo de Cellux Colombiana S.A a través de cursogramas sinópticos, analítico y diagrama de recorrido, con el fin de determinar un plan de producción que satisfaga la demanda agregada de un grupo de productos de la misma.
- ✓ Analizar la planificación estratégica actual de Cellux Colombiana S.A. seleccionando y validando un modelo de pronósticos con el fin de mejorar y realizar los ajustes necesarios a su sistema productivo.
- ✓ Diseñar un modelo para determinar el Plan Maestro en una perspectiva de planeación en la empresa Cellux Colombiana S.A. centrado en el volumen, en el tiempo de producción y en la utilización de la capacidad de las operaciones de la misma con el fin de aumentar su competitividad en el mercado.
- ✓ Validar el modelo de programación lineal propuesto para cotejarlo con el actual sistema de planificación de la producción de la empresa Cellux Colombiana S.A., con el propósito de determinar las mejoras resultantes de este proceso.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

Las grandes empresas en la actualidad se hacen más competitivas dentro de su ramo y cada vez adoptan muchas más estrategias a fin de garantizar el éxito. Estas organizaciones están acogiendo herramientas de optimización, basadas en los nuevos enfoques gerenciales (gestión estratégica y modelos de medición de gestión, en las Teorías de Calidad y de Gestión del Servicio), a fin de alcanzar el éxito a corto, mediano y largo plazo con el propósito de establecerse metas que permitan el alcance de sus Planes Estratégicos, enfocados al cumplimiento de la Visión, Misión, Valores etc., elementos que conjugados comprometen tanto a empleados como directivos de la organización, a través de un sentimiento de compromiso para alcanzar los objetivos de la misma.

Teniendo en cuenta lo anterior, las empresas tendrán que ser más competitivas para sobrevivir en este mercado globalizado y lograr el éxito; razón por la cual le corresponde hacer uso de técnicas de planeación agregada, las cuales están basadas en métodos que a su vez se enfocan en la reducción de los costos, sin olvidar la planeación y control de la producción. De igual forma los servicios necesitan también de estas técnicas para poder suplir las fluctuaciones de la demanda, y a

su vez aumentar o disminuir su capacidad para optimizar utilidades. En este sentido será de mucha utilidad para las empresas contar con una técnica de planeación agregada por cuanto es un método muy valioso ya que facilita el desarrollo de los presupuestos de operación, además determina los niveles de la fuerza laboral, el tiempo extra y el inventario con el objetivo de minimizar costos, resultados que serán útiles al momento de determinar un presupuesto de operaciones.

En ese orden de ideas y desde la perspectiva teórica diseñar un Plan Maestro de Producción utilizando técnica de Planeación Agregada para la empresa Cellux Colombiana S.A. será pertinente y necesario por cuanto a través de ella se podrán especificar las cantidades y fechas de producción en relación a productos específicos; las cantidades y las fechas en relación a los componentes comprados o realizados; la secuencia de trabajos o pedidos especiales; la asignación a corto plazo de los recursos a operaciones individuales, se podrá definir cuantos productos finales se tienen que producir y en que periodo de tiempo. Además debe contener las necesidades netas de fabricación, lo cual implica que la falta de productos tendrán que descontarse de los que ya están fabricados y que se encuentran disponibles en inventarios y en curso de fabricación, en tal sentido se podrá tener la idea de cómo será la demanda durante el año 2009 -2010 y de esta manera determinar los requerimientos de materiales, las cantidades de materias primas a comprar, mano de obra necesaria, horas extras y los sobrecosto que se puedan generar en cada mes, además podrá realizar la programación de la producción de tal manera que se minimicen o eliminen las demoras en la entregas de pedidos y los tiempos de flujo que es uno de los problemas que esta presentado actualmente esta empresa.

Desde la perspectiva practica, este estudio es relevante para Cellux Colombiana S.A. y el grupo investigador porque se constituye en un reto elaborar este trabajo, pues a través de él podrán desarrollar una metodología que difundiría dos funciones básicas: 1. concretar el plan agregado tanto en unidades como en tiempo. 2. facilitar con su mayor análisis la obtención de un plan aproximado de capacidad. En este sentido para llegar a un Plan Maestro de la producción viable desde el punto de vista de la capacidad de Cellux Colombiana S.A. podrá llevar a cabo un proceso de análisis, que puede tener 2 salidas: 1. partir del plan agregado de producción. 2. partir de las previsiones de ventas a mediano plazo. Independientemente de su origen, lo primero que se deberá hacer será descomponer las cantidades en productos finales, concretos, y referirlas en un período de tiempo más cortos (semanales e incluso diarios). De esta manera se podrá precisar el momento en que harán falta esas cantidades y las actitudes que se tienen que desarrollar. Si se parte de las previsiones de ventas a mediano plazo, éstas podrán corregirse con la previsión de ventas a corto plazo, con los pedidos comprometidos con clientes, con el inventario disponible, pedidos en curso y otras fuentes generadores de demanda, con el objetivo de obtener las necesidades en unidades de producto y la satisfacción tanto para clientes internos como externos, por cuanto también para ellos será muy importante elaborar este estudio.

Teniendo en cuenta la perspectiva metodológica, el impacto se daría si la empresa tiene en cuenta en el plan agregado de producción, tanto las previsiones de venta a corto plazo, como los pedidos

comprometidos con los clientes, así como el inventario disponible, sólo habría que considerar los pedidos en curso. En este caso el Plan Maestro de la Producción será válido para Cellux Colombiana S.A. si la carga que genera o que demanda, es compatible con la capacidad disponible. Si existen problemas de factibilidad, tendrá 2 opciones: 1. Medidas adicionales de aumento temporal de la capacidad. 2. modificar el Plan Maestro de la Producción propuesto, cambiando de fechas las cantidades que en él aparecen, evitando que se produzcan retrasos o incumplimientos del Plan agregado. En tal sentido cumplirá sus objetivos; pero si no son suficientes habría que cambiar el plan agregado.

Este estudio es importante para todas las empresas manufactureras de la ciudad de Cartagena y en especial para Cellux Colombiana S.A. ya que podrán contar y replicar éste Plan Maestro de la Producción que va a ser el punto de partida de la planificación de materiales; va a facilitar el cumplimiento del plan agregado de producción y por tanto al plan de producción a largo plazo siempre y cuando se cumplan los siguientes requisitos: –El análisis debe ser eficiente. –Valorar y contabilizar los lotes del Plan Maestro de la Producción con criterios de carácter económico, buscando aquella que haga mínimos los costos totales. –Evitar disponibilidades de inventario negativo a finales de los periodos, ya que indicaría retrasos en los pedidos, a no ser que sean retrasos voluntarios (política de la empresa).

Finalmente realizar este tipo de trabajo para el grupo investigador y para Cellux Colombiana S.A. será importante, por cuanto podrán analizar la planificación estratégica actual, elegir y validar un modelo de pronósticos y de programación lineal que se ajuste a las necesidades de la empresa, de manera que se pueda comparar con el actual sistema de planificación de la producción a fin de mejorar y hacer los ajustes pertinentes a su proceso productivo.

Por otra parte para la Universidad Tecnológica de Bolívar es importante que sus estudiantes de Ingeniería industrial realicen este tipo de estudios pues esta es una forma de evaluar los conocimientos aprendidos en las aulas universitarias ya que se constituye en un buen reto, de esta manera porque motivará a los estudiantes a formar su espíritu investigativo, igualmente este estudio se constituirá como un aporte bibliográfico para la misma.

## **1.7 ALCANCE**

Con el diseño del plan maestro de la producción se pretendió darle paso a las siguientes mejoras:

- ✓ Planificación de la producción de la empresa Cellux Colombiana S.A. a mediano plazo.
- ✓ Mayor aprovechamiento de los recursos, una mejor distribución de los productos en procesos, y la disminución de tiempos de Flujos.
- ✓ Determinar un tamaño de lote e inventario de seguridad apropiado para reducir los costos de producción y cumplir con la demanda de la empresa Cellux Colombiana S.A.



## **1.8 CAMPOS DE APLICACIÓN**

Este trabajo está dirigido específicamente a la empresa Cellux Colombiana S.A., pero se hace aplicable a otras compañías de tipo industrial que tengan necesidad de mejorar su planeación estratégica y los procesos productivos; de hecho la elaboración de este es dar un paso adelante para aumentar y/o desarrollar aún más la gestión de producción en la empresa.

## **1.9 LOGROS ESPERADOS**

Los investigadores una vez terminado el estudio esperan:

- ✓ Identificar plenamente el método más conveniente e indicado para mejorar la planificación estratégica en la empresa objeto del estudio.
- ✓ Mejorar los procesos de producción, corte y conversión, empaque y logístico de despachos
- ✓ Disminuir los tiempos de producción y acumulación de productos.
- ✓ Diseñar el plan maestro de producción de acuerdo a las necesidades de la empresa

## **1.10 DISEÑO METODOLÓGICO**

Como todo proceso investigativo persigue un propósito señalado, se busca un determinado nivel de conocimiento y se ejecuta con base a una estrategia particular o combinada; el presente estudio no fue la excepción, por eso clasificó la metodología que se utilizó de la siguiente manera:

- Por el propósito o finalidades perseguidas se utilizó un tipo de Investigación básica<sup>♦</sup> y aplicada<sup>♦♦</sup>, ya que por medio de ellas se pudo modificar la planificación estratégica actual y se diseñó la que más le convino a la empresa, utilizando los conocimientos adquiridos de manera que se pudo mejorar ésta, así como también lograr disminuir los tiempos de producción, de entrega y acumulación de productos terminados y en proceso.
- Por la clase de medios utilizados para obtener los datos: se utilizó la documental y de campo. –la documental: como su nombre lo indica, se realizó apoyándose en fuentes de carácter documental de la empresa. Como subtipos de esta investigación se trabajó la investigación

---

<sup>♦</sup> Se caracteriza porque parte de un marco teórico y permanece en él; la finalidad de éste tipo de investigación radica en formular nuevas teorías o modificar las existentes y en incrementar los conocimientos.

<sup>♦♦</sup> Este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica o empírica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última; esto queda aclarado si nos percatamos de que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico. Sin embargo, en una investigación empírica, lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas.

bibliográfica. la hemerográfica<sup>†</sup>, la archivística<sup>♦♦</sup> para las cuales se trabajó con documentos que se encontraban en los archivos de la empresa como son: los estándares e información del flujo productivo de los diferentes procesos empleados en CELLUX COLOMBIANA S.A., como: el software ERP de la empresa, revistas, folletos, fichas técnicas, además de herramientas tales como planeación agregada, material escrito que se pueda recopilar en planta para seleccionar la información necesaria que apuntó al logro del objetivo propuesto, Hernández Sampieri (2001). –la de campo<sup>♦♦♦</sup> donde los investigadores no intervinieron manipulando el fenómeno, sólo lo observaron en el campo, lo analizaron y lo mediaron durante la elaboración del modelo para llegar a unas buenas argumentaciones e interpretaciones. Arias F. (1999).

- Por el nivel de conocimientos que se adquirió: se utilizó la —exploratoria: porque su propósito fue destacar los aspectos fundamentales de la problemática presentada en Cellux Colombiana S.A. y encontrar los procedimientos adecuados para elaborar el Plan Maestreo de Producción. Tamayo y Tamayo (1998). Y la —descriptiva porque a través de ella se logró caracterizar el problema de Cellux Colombiana S.A. de manera concreta, señalando sus propiedades. Además porque combinada con criterios de clasificación sirvió para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. Hernández Sampieri (2001).
- El método de Muestreo que se utilizó fue el no probabilístico a juicio para poblaciones finitas, ya que este método se caracteriza porque no se necesita de un marco muestral por cuanto lo más importante es la argumentación e interpretación de lo observado e indagado que el grupo investigador haga después de conocer sus resultados. El criterio fundamental de este tipo de muestreo es seleccionar unidades de análisis que entreguen información relevante y de calidad, la cual puede ser aún más precisa que si se utilizará el azar. BELLO Parias León Darío (2008).
- La población y muestra estuvo conformada por fuentes documentales impresas y por el software de producción de Cellux Colombiana S.A., de los cuales se obtuvieron los datos fundamentales para elaborar el diseño del modelo como:
  - Obtención histórica de las cantidades vendidas mes a mes de cada producto.
  - Indagación sobre el tipo de producto.
  - Indagación de costos y tiempos de producción estimados.
  - Determinación de inventario de seguridad.
  - Determinación de la capacidad de producción
- **Procesamiento de la información.** Se realizó a través del análisis e interpretación de los resultados de toda la información recopilada, la cual sirvió para hacer un análisis deductivo de la misma después de elaborado el modelo que fue validado en la empresa Cellux Colombiana S.A., para finalmente cotejarlo con el que se utiliza actualmente y presentar los resultados finales del estudio.

---

<sup>†</sup> Datos encontrados en revistas y periódicos.

<sup>♦♦</sup> Custodia de los archivos, y el ciclo de vida de los documentos

<sup>♦♦♦</sup> Este tipo de investigación se apoya en informaciones que provienen entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones. Como es compatible desarrollar este tipo de investigación junto a la investigación de carácter documental, se recomienda que primero se consulten las fuentes de la de carácter documental, a fin de evitar una duplicidad de trabajos

### **1.11 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

La **Hipótesis general** planteada fue: diseñando un plan maestro de la producción podría determinarse el tamaño de lotes para minimizar los costos en la empresa Cellux Colombiana S.A., y su **Hipótesis de trabajo** fue: el logro de los objetivos comunes en las empresas manufactureras que quieren ser exitosas solo pueden concretarse si estas cuentan en su proceso de fabricación con un plan maestro de producción como herramienta de gestión que opere diseñando e implementando un método o técnica de planeación agregada que determinaría el tamaño de lotes y minimizaría los costos de fabricación, necesarios para atender la demanda de los clientes a un mediano plazo. Del diseño de este plan maestro se podría adoptar por parte de la empresa la mejor decisión en lo que respecta a la producción, pronósticos de ventas, inventarios, recursos humanos y materiales inevitables para cubrir la demanda prevista en el proceso productivo.

### **1.12 SISTEMAS DE VARIABLES**

Se trabajó con una Variable Independiente: diseñar un plan maestro de producción. Y otra Variable dependiente: determinar el tamaño de lotes para minimizar los costos. La definición conceptual para el estudio: el diseño de plan maestro de producción (MPS) es la programación de las unidades que se han de producir en un determinado periodo de tiempo dentro de un horizonte de planeación, diseñado para satisfacer la demanda del mercado. Y la operacional: El MPS identifica las cantidades de cada uno de los productos terminados y cuándo se debe producir durante cada periodo futuro dentro del horizonte de planeación de la producción, para las cuales se realizó la siguiente conceptualización de variables.

### 1.13 CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLE

**Objetivo general:** Diseñar un plan maestro de la producción utilizando una metodología basada en técnicas de planeación agregada para determinar el tamaño de lotes en la empresa Cellux Colombiana S.A. con el propósito de minimizar los costos asociados a la misma.

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	FUENTES
Diseño de un plan maestro de Produccion	Pronóstico de la demanda (Método cuantitativo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Análisis de registros históricos:</li> <li>▪ Demanda potencial Examinando:</li> <li>▪ Determinación del uso del pronóstico</li> <li>▪ Selección de los productos a pronosticar</li> <li>▪ Determinación del marco de tiempo del pronóstico</li> <li>▪ Selección de los modelos de pronóstico</li> <li>▪ Recopilación de datos</li> <li>▪ Realización del pronóstico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Software ERP (SP6) de Cellux</li> <li>▪ Obtención histórica de las cantidades vendidas mes a mes de cada producto.</li> <li>▪ El registro de la demanda de los productos.</li> <li>▪ Capital de trabajo</li> <li>▪ Capacidad de la empresa</li> <li>▪ Disponibilidad de materia prima y mano de obra.</li> <li>▪ Datos registrados en el Software ERP (SP6) de Cellux</li> <li>▪ Documentos del dpto. de producción de Cellux</li> </ul>
	Diagnóstico del proceso productivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cursograma Sinóptico</li> <li>▪ Cursograma Analítico</li> <li>▪ Diagrama de flujo.</li> <li>▪ Diagrama de Recorrido</li> </ul>	<p><b>Observación de campo de:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las actividades de cada una de las plantas: (Materia Prima, Corte, conversión, Impresión, Producto terminado)</li> <li>▪ Documentación de la empresa</li> <li>▪ Fuentes Bibliográficas</li> </ul>
Determinar el tamaño de lotes para minimizar los costos.	Selección de la técnica de planeación agregada más conveniente para minimizar costos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Indagación de costos y tiempos de producción estimados.</li> <li>▪ Determinación de la capacidad de producción</li> <li>▪ Determinación de inventario de seguridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fuentes Bibliográficas</li> <li>▪ Documentación de los registros de Producción</li> <li>▪ Software ERP (SP6) de Cellux</li> <li>▪ Observación de campo.</li> </ul>
	Aplicación del modelo de programación y comparación de la información con el sistema actual	Validación de los resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Documentación de los registros de Producción</li> <li>▪ Software ERP (SP6) de Cellux</li> <li>▪ Resultados.</li> </ul>

## **2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 ESTADO DEL ARTE**

Los trabajos más recientes sobre Planeación Agregada basados en el modelo de programación lineal que antecedieron al presente estudio son:

Tadei et al. (1995) frente a un caso real de una empresa con productos múltiples, algunos estacionales y otros no, proponen para resolver el problema de la planificación agregada de la producción en un año un modelo de programación lineal entera mixta cuya función objetivo es minimizar los niveles de stock necesarios, sin permitir ruptura de stock, para satisfacer una demanda conocida, determinando la cantidad de personal necesario para cada mes del año, de este modo conocer la cantidad de personal que se debe subcontratar en los meses de demanda alta. Utilizan variables enteras para el número de líneas, para la cantidad de los diferentes productos a ser procesados en cada línea, el número total de días laborales en cada mes y la cantidad de cambios de productos en cada línea por día. Proponen un procedimiento heurístico para encontrar las soluciones, basado en un algoritmo de búsqueda local con generación de soluciones vecinas y comparándolas hasta hallar soluciones factibles próximas a las óptimas.

Hsieh y Wu (2000) proponen un modelo estocástico de programación lineal para considerar la incertidumbre en la demanda y los costes involucrados en el plan agregado. Emplean un método de distribución estocástica triangular, en el que cada cociente, restricción y variables pueden tomar tres valores posibles: uno se denomina valor más posible (es la probabilidad de un valor normalizado), otro puede ser el valor más pesimista (el peor de los casos), y el tercero es el valor más optimista (el mejor de los casos). Hacen uso del modelo clásico de Holt et al. (1955) y el de Hanssman-Hess (1969), pero contemplando por cada variable valores estocásticos. Para el plan agregado tienen en cuenta variaciones de la fuerza de trabajo por cada periodo, niveles de empleo y despidos, cantidades de horas extras por trabajador por periodo, variaciones en el nivel de stock y recurrir a pedidos pendientes en casos necesarios. En la función objetivo minimizan los costes totales, logrando soluciones robustas, pero no óptimas.

Corominas et al. (2002), Corominas et al. (2004), y Corominas et al. (2007a) refiriéndose al problema de adaptar la capacidad de producción a las variaciones de la demanda en un horizonte temporal de un año, abordan el problema de la planificación del tiempo de trabajo con jornada anualizada (el tiempo de trabajo se puede distribuir de forma irregular a lo largo del año), analizando y clasificando las principales características del problema. Resaltan la importancia de la flexibilidad que proporciona la anualización a la empresa, ya que tiene la oportunidad de planificar el tiempo de trabajo de forma eficiente, pero a la vez genera nuevos problemas de planificación del tiempo de trabajo, de programación de horarios y, en el caso más complejo, de asignación de

tareas a trabajadores. Lusa (2003) describe y formaliza los problemas de planificación del tiempo de trabajo de una plantilla de trabajadores con jornada anualizada, en empresas de servicios y de manufactura; describe detalladamente y de forma estructurada el modo de formular los modelos en programación lineal entera mixta (PLEM) apropiados para cada uno de los casos que se derivan de la clasificación propuesta; propone un procedimiento de resolución basado en la programación lineal entera mixta (PLEM) y realiza una amplia experiencia computacional comprobando que para la mayoría de los casos, los modelos propuestos son totalmente operativos, y propone alternativas de resolución para los casos en que la PLEM no siempre proporciona la solución exacta en tiempos satisfactorios.

Wang y Liang (2005b) con las mismas características del caso planteado en Wang y Liang (2004), consideran el problema de la imprecisión de los pronósticos de demanda y los costes de operación y capacidad en la planificación agregada de la producción. Proponen un modelo de programación lineal estocástica, desarrollando un método con una función objetivo resuelta por medio de un proceso de seis pasos dirigidos por la persona encargada de tomar las decisiones de forma interactiva con el ordenador. El modelo es de múltiples objetivos entre ellos: minimizar los costes totales, maximizar la probabilidad de obtener costes totales más bajos, y minimizar el riesgo de obtener costes totales muy altos. Este modelo es aplicado al caso de estudio de la corporación tecnológica Daya.

Gomes da Silva et al. (2006) consideran tres aspectos importantes para tener en cuenta en la planificación agregada de la producción, que son el beneficio de la compañía, la satisfacción del cliente, y el ambiente de trabajo. Para alcanzar estos tres objetivos los autores proponen, ante un caso real de una compañía que elabora materiales para la construcción en Portugal, el desarrollo de un modelo de programación lineal entera mixta con múltiples criterios. En este modelo consideran los siguientes aspectos: las restricciones legales sobre la reducción o aumento del tamaño de la fuerza laboral, y las horas extras, adoptan la posibilidad de subcontratar producción y de almacenar stock, también aceptan la ruptura de stock. Con estas consideraciones ante una demanda determinista proponen tres funciones objetivo por separado, la primera maximiza el beneficio de la compañía, la segunda minimiza los retrasos de los pedidos de los clientes, y la tercera minimiza las variaciones en la fuerza laboral, todas estas a lo largo de un horizonte temporal de un año dividido en periodos mensuales. Para encontrar soluciones a este problema los autores desarrollan un método de generación, evaluación y comparación de soluciones vecinas, a través de un ambiente interactivo, en el cual el responsable de tomar la decisión puede ir agregando, quitando o modificando datos hasta hallar una solución satisfactoria, aunque no necesariamente óptima.

Jairo Coronado Hernández<sup>2</sup> y Gonzalo Mejía Delgadillo<sup>3</sup>. Con su estudio "Innovación Tecnológica" para determinar tamaños de lote en pymes inyectoras de moldes utilizando internet. La metodología propuesta por los autores consistió en solucionar el problema por etapas buscando optimizar dos objetivos. El primero era minimizar los costos totales de producción, inventarios, faltantes y alistamiento de las máquinas; El segundo, minimizar la sobreutilización y subutilización de las máquinas. En la primera etapa dividieron el problema original en subproblema por grupos de máquinas y moldes. En la segunda etapa se determinaron los tamaños de lote para cada subproblema utilizando un modelo de programación matemática que se soluciona por internet de manera gratuita a gran escala, lo que no le genera costos por licencia de software a los empresarios obteniendo una solución óptima a su problema. Al utilizar el modelo se encontraron mejoras del 9.9% con respecto a la solución basada en la experiencia. La metodología utilizada fue una manera práctica de reducir la complejidad del problema para mejores decisiones en las empresas.

Wassenhove et. al., (1983) describe una metodología que consiste en dividir el problema original en sub-problemas y luego en cada subproblema aplicar las heurísticas de (Dixon & Silver, 1981) y la de Lambrecht-Vanderveken, (1979) de tipo uni-máquina para determinar los tamaños de lote. Igualmente en 1997, Nagarur aplica una metodología de dividir el problema original en sub-problemas (tipo uni-máquina); luego en cada sub-problema aplicar un modelo de programación lineal entera-mixta multi-objetivo que planea la sobre-utilización y sub-utilización de las máquinas, y por último realizar la asignación de los lotes a las diferentes máquinas en las que esta cada grupo. En lo anterior es notable la innovación tecnológica con la utilización de los modelos matemáticos

El aporte de los anteriores estudios apuntan fundamentalmente a enriquecer el marco teórico y conceptual del trabajo en estudio, igualmente todos contemplan el aspecto de producción, pero sin integrar simultáneamente las áreas que conforman la gestión de la empresa, que son la producción, la plantilla, el tiempo de trabajo, la gestión financiera y de personal. Además se tomará como base la experiencia que cada uno de ellos tuvo para la ejecución de éste nuevo modelo, pues todos apuntan a un mismo objetivo, así mismo recomiendan de manera especial a las empresas que no pueden considerar la innovación como un evento ocasional, porque si no es capaz de transformar sus productos, su forma de producción, manejar modelos de gestión y estructuras flexibles en un contexto de incertidumbre no será capaz de sobrevivir (Club de la Excelencia en Gestión y COTEC, 2006).

---

<sup>2</sup> Profesor Asistente. Programa ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica de Bolívar. Colombia. Magister en Ingeniería Industrial. E-mail: [coronado@unitecnologica.edu.co](mailto:coronado@unitecnologica.edu.co)

<sup>3</sup> Profesor Asociado. Programa ingeniería Industrial. Universidad de los Andes. Colombia. PhD en Ingeniería Industrial. E-mail: [gmejia@uniandes.edu.co](mailto:gmejia@uniandes.edu.co).



## 2.2 MARCO HISTORICO DE LA EMPRESA

**2.2.1 Conocimiento Institucional<sup>4</sup>.** Colombia con más de 40 millones de habitantes dio origen a una de las empresas más pujantes de su ramo **Cellux Colombiana S.A.** Es una de las fabricas de mayor proyección y crecimiento en Latinoamérica, es una empresa productora de cintas adhesivas con tecnología Suiza, única planta para Latinoamérica de su casa matriz, con un paquete integral de soluciones en adherencia y elementos complementarios, que facilitan la labor diaria en la industria, oficina, taller, hogar o colegio. Su ubicación estratégica en uno de los Puertos más importantes de Sur América, con la capacidad de producción de mayor tamaño en el mercado y la diversidad más amplia de productos y presentaciones que requiere el mercado casi a todos los niveles hacen de ella una industria con muchas proyecciones en un futuro tratado de Libre Comercio con EE. UU.

Cellux Colombiana S.A. cuenta con un área de 45.000 metros cuadrados, situada en la zona industrial de Mamonal y un área de 12.700 metros cuadrados de bodegas técnicamente diseñadas y alojando su planta de producción haciendo de **Cellux Colombiana S.A.**, una de las más grandes plantas de Latinoamérica y la primera en Colombia por su grado de alta tecnología y maquinaria automatizada.

Actualmente es la única firma Colombiana que exporta a todo Centro-Sur América y El Caribe; ofreciendo la gama más completa de productos como solución en Adherencia del Sector Comercial-Industrial y Autoservicio.

Desde hace 11 años existe en Cartagena y ofrece como ventaja competitiva adicional a máxima calidad del mercado.

**2.2.2 Política de calidad.** La Calidad es un compromiso que tiene todo empleado de Cellux Colombiana S.A. en el desempeño de sus labores, se logra mediante el mejoramiento continuo de todos los niveles de la Organización, el trabajo en equipo y la disponibilidad de los recursos para el mantenimiento del sistema de gestión de calidad. De hecho está decidida a ser líder en el mercado de cintas adhesivas, suministrando productos y servicios oportunos que satisfagan o superen las expectativas de sus clientes.

**2.2.3 Misión.** Fabricar y comercializar cintas adhesivas de excelente calidad, elaboradas mediante procesos que utilizan la tecnología más efectiva. Contamos con un equipo humano altamente capacitado y comprometido con los valores de la empresa, para cumplir con las expectativas de nuestros clientes, accionistas, empleados y comunidad.

---

<sup>4</sup> Datos suministrados por Cellux de Colombia S.A.



**2.2.4 Visión.** Ser la primera compañía en ventas de cintas adhesivas en los mercados de Colombia, CAN, Centro América y el Caribe, mediante el manejo de un portafolio de productos adecuados a estos mercados y ofreciendo a nuestros clientes un valor agregado en los campos de producción, mercadeo, ventas y capacitación para lograr los márgenes de utilidad que satisfagan los objetivos de la compañía.

**2.2.5 Valores de la organización.**

1. **Orientación al cliente:** Capacidad para actuar como proveedores de servicio y productos, orientada a satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos.
2. **Trabajo en equipo:** Capacidad para integrarse a su grupo de trabajo para compartir conocimiento, experiencias, y tomar decisiones con base en la cooperación mutua
3. **Enfoque corporativo:** Capacidad para orientar sus acciones hacia la consecución de los objetivos, Misión, Visión y Políticas de la Empresa.
4. **Mejoramiento continuo:** Capacidad de aprendizaje y habilidad para adquirir conocimiento en forma ágil, e interés para estar al día en temas inherentes y complementarios a los procesos de los que forma parte la Empresa.
5. **Disposición para el cambio:** Capacidad para aceptar e impulsar las modificaciones y los cambios para adaptar nuestra organización a los requerimientos de los mercados en los que competimos.
6. **Orientación a resultados:** Capacidad para orientar todos sus esfuerzos hacia la consecución de resultados medibles que faciliten la toma de decisiones efectivas.
7. **Uso de tecnología:** Capacidad para adaptar y aceptar nuevos sistemas, equipos, máquinas, herramientas e instrumentos de avanzada que contribuyan a aumentar la productividad.
8. **Respeto a las personas:** Respetar a cada uno de los miembros de la Organización como seres humanos y dar a conocer sus contribuciones en el desarrollo de la empresa.
9. **Compromiso:** Capacidad para asumir obligaciones, involucrarse en lo que corresponda, cumpliendo cabalmente con su deber, asumiendo riesgos.

**2.2.6 Sus productos y mercado.**

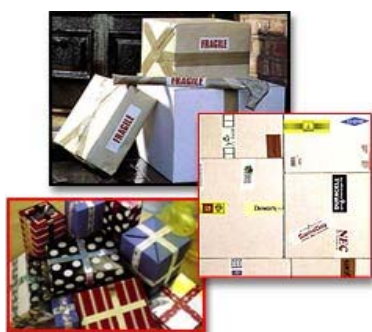
PRODUCTOS PARA OFICINA, HOGAR Y ESCOLAR	
Código	Productos
C-460	Adhesivar Superficies
Dispensadores	Dispensadores de Oficina
C-700   C-701	Empaque Liviano
C-702   C-703   C-704	Empaque Multipropósito
C-566	Enmascarar Multipropósito
C-810	Aislante de Bajo Voltaje
C-386	Duct Tape
C-563	Rotulación Liviana
C-101   C-102	Sellado Liviano
C-900	Cinta Invisible
C-225	Rebordear Planos



Con más referencias en cintas adhesivas y soluciones prácticas para cualquier necesidad, **Cellux Colombiana S.A.** le ofrece una amplia gama de cintas para su industria, logrando con su avanzada tecnología, un producto para cada aplicación.

Pero no sólo logramos un producto de la más alta calidad y presentación, reconfirmado por ICONTEC, sino darle un precio competitivo en el mercado, permitiéndonos exportar a más de 15 países de América Latina.

PRODUCTOS DEL MERCADO CONSTRUCCIÓN Y FERRETERIA	
Código	Productos
C-386	Duct Tape
C-566	Enmascarar Multipropósito
C-484	Alta Fijación Interiores
C-486	Fijación Interiores
C-810	Aislante de Bajo Voltaje
C-583	Cinta Crepé Horneable
C-702   C-703   C-704	Empaque Multipropósito



Se presentan los productos especializados para labores de reparación, diseño, refuerzo, etc., requeridos para cubrir múltiples necesidades, y con la calidad que nos caracteriza. Pegar es simple, rápido y más barato, con esta premisa más de un proyecto piloto se ha convertido en una realidad productiva.

**Cellux Colombiana S.A.** ha diseñado un paquete integral de cintas para empaque y embalaje, que le permite al usuario encontrar un producto adecuado a las necesidades de su empresa e industria, alcanzando un precio, un producto y una tecnología desarrollada para cubrir cualquier necesidad específica.

PRODUCTOS DE EMPAQUE	
Código	Productos
C-566	Enmascarar Multipropósito
Dispensadores	Dispensadores de Empaque
C-790	Cinta de Polietileno
C-702   C-703   C-704	Empaque Multipropósito
C-722	Empaque Industrial
C-712   C-713   C-714	Alta Adhesión
C-300	Laminación



Con estos productos **reduce costos** de producción, tiempos muertos, ineficiencias de proceso, menos mano de obra, **menores desperdicios** y su planta funciona mejor para que usted y su empresa envíen su producto con la **más alta calidad y seguridad**. La Cinta recomendada por los profesionales del cuidado automotriz.

**Cellux Colombiana S.A.** presenta las Cintas de los Profesionales, desarrolladas con la tecnología mundial de nuestra compañía, especialmente para el mercado latinoamericano. Su alta especificación la hace en su segmento la mejor del mercado automotor e industrial. La tecnología de **Cellux Colombiana S.A.** ha diseñado una cinta de enmascarar para cada aplicación, logrando que el profesional ahorre dinero usando el producto adecuado, su trabajo sea de alta calidad y fino acabado.

- **Cellux Colombiana S.A.** presenta las Cintas para Refrigeración

PRODUCTOS DE REFRIGERACIÓN	
Código	Productos
C-386	Duct Tape
C-387	Aluminio Reforzado



- **Cellux Colombiana S.A.** presenta las Cintas Especiales.

PRODUCTOS ESPECIALES	
Código	Productos
C-460	Adhesivar Superficies
C-566	Enmascarar Multipropósito
C-386	Duct Tape
C-791	Cinta de polietileno
C-407	Tejido no Tejido
C-400	Empalmes
C-476	Alta Fijación Exterior
C-478	Fijación Exteriores
C-484	Alta Fijación Interiores
C-900	Cinta Invisible
C-420	Duplo Print
C-300	Laminación

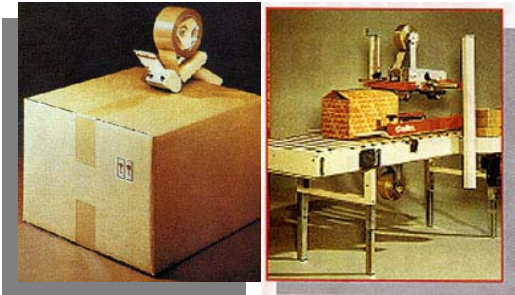


PRODUCTOS PARA ENMASCARAR	
Código	Productos
C-566	Enmascarar Multipropósito
C-563	Rotulación Liviana
C-583	Cinta Crepé Horneable
C-573	Cinta Crepé Profesional



▪ **Cintas Adhesivas y Sistemas de Empaque y Embalaje industrial.**

Cintas Adhesivas plásticas de BOPP-PVC y PE para embalaje industrial, comercial y doméstico; y sistemas de aplicación manual automático y semiautomático. "Soluciones integrales para Empaque y Embalaje desde fabricación hasta Paletización."



**Material:** BOPP-PVC, Pe, Stretch Film, Textiles reforzados y una amplia diversidad de soportes para resistir pesos desde 20 Kg. hasta 60 Kg.

**Uso:** Se aplica a todo el sector industrial comercial y doméstico que emplee Bolsas, Cajas, Estibas de diversos productos industriales.

BOPP cuatro referencias distintas en polipropileno según peso C700/702/712/762. PVC- Diversidad de colores en anchos desde 12mm hasta Jumbo de 1.5 mt; largo 2mt a 1000 mt.

PE - Especializado en Empaque y Embalaje y alimentos refrigerados. C-386 - textil reforzado para empaque de cajas, tubos u objetos de pesos exagerados.

Máquinas cierra cajas- cierra bolsas- Paletizadoras Manuales- Semiautomáticas y automáticas. Su adhesivo acrílico y alta calidad de sus películas ofrecen un producto de excelente resistencia, adherencia, no se deteriora con temperatura, ni humedad hasta 150 grados C. Y no es tóxico - cumple normas ISO Internacionales de calidad.

**Cintas Adhesivas Doble Faz para Empalmes**



Cintas adhesivas doble faz (Plásticas- Textiles y no Tejidas) para empalmes industriales en IND. Cartón - PLASTICO- PAPEL.

"Soluciones Integrales para empalme y adherencia Industrial."

**Material:** Poliéster - Polipropileno - no tejidos y materiales Textiles reforzados con adhesivos acrílicos de alta especificación.

**Uso:** Fabricación y acabado de cajas plegadizas, corrugadas, empalmes en proceso.



Los materiales plásticos - Textiles y no tejidos presentan una alta resistencia a las tensiones generadas en empalmes industriales, durante el proceso de fabricación de empaques flexibles, bolsas, papel, cartón, cajas, etc.

Reemplazan en uso de adhesivos que vuelven ineficiente un proceso por tiempos de secado; Las cintas Cellux pegan instantáneamente, no requieren secado, dan apariencia de que no existe, son económicas. También disponibles en espumas doble faz de alta densidad y resistencia.

### Cintas Adhesivas para Artes Gráficas



Cintas adhesivas especializadas para Artes Gráficas desde procesos de ARTE FINALIZACION hasta procesos de empalme montaje y acabado.

"Soluciones Integrales de adherencia industrial **Material:**

Celulosa - Poliéster - Polipropileno - materiales no tejidos PVC y un sinnúmero de opciones según el proceso y la aplicación.



**Uso:** Arte finalización- Enmascaramiento de Fotomecánica - Montajes Flexo gráficos y empalmes. Los materiales especializados de alta especificación ofrecen la máxima calidad del mercado y la más versátil gama de cintas para procesos de conversión en plásticos, papeles, cartones y coextruidos - (empaques flexibles). Su adhesivo acrílico resistente a altas tensiones y temperaturas hasta 150°C grados centígrados. Les permite aplicarles en procesos que inclusive pasen por un horno o foco caliente, sin desprenderse ni deteriorarse.

### Cintas Adhesivas de Papelería y Oficina



Cintas Especializadas de Papelería y Oficina, Adhesivos, Esferos Pilot y Dispensadores de Escritorio e Industriales.

"Soluciones Integrales en Adherencia."

**Material:** Diversos materiales plásticos, de papel, etc. Que ofrecen la gama más amplia de cintas de uso Hogar- Taller - Colegio.

**Uso:** PVC - celulosa - BOPP - papel crepé y un sinnúmero de opciones especializadas para pegar sobre papel, cartón, etc.

Cellux Colombiana S.A. ofrece actualmente, el paquete de productos de oficina más completo del mercado. Sus cintas adhesivas presentan la gama especializada en procesos de sellados, rotulado, codificación, reparación de documentos, decoración, rebordeado de planos, identificación, escritura, etc. Contamos con el paquete de productos más versátil y económico del mercado, con presentaciones comerciales - display y autoservicio (Blíster).

### Cintas Adhesivas Industriales y Automotrices



Cintas adhesivas especializadas para procesos de protección - enmascaramiento - fijación - señalización - y pinturas industriales.

"Soluciones integrales en adherencia para el hogar - el colegio - la oficina taller e industria."

**Material:** Multiplicidad de opciones, enmascaramiento, fijación y adhesión de materiales plásticos, cartones, papeles, vidrios, maderas, etc.

**Uso:** Procesos de Horneo, empalme, fijación, señalización y protección de diversos materiales y superficies.

En procesos especializados de Horneo Industrial empaque y enmascaramiento, señalización y fijación, se requiere características de alta calidad del adhesivo y el material de soporte de la cinta.

Cellux Colombiana S.A. ofrece la mejor opción de adherencia y resistencia para trabajos en condiciones extremas - Todo el paquete de productos.

### 2.3 MARCO TEORICO

Uno de los aspectos que más influyen en la organización de una empresa es la programación de la producción. Siguiendo un ordenamiento lógico, este debe ser un paso posterior a la planeación. Con la programación se determina cuándo se debe iniciar y terminar cada lote de producción, qué operaciones se van a utilizar, con qué máquina y con qué operarios.

Un buen programa de producción trae algunas ventajas para la empresa. Entre ellas están:

- Los pedidos se pueden entregar en las fechas estipuladas

- Se calculan las necesidades de mano de obra, maquinaria y equipo. Así habrá una mejor utilización de estos recursos
- Se pueden disminuir los costos de fabricación.

Para elaborar un buen programa de producción se debe tener en cuenta lo siguientes aspectos:

### 2.3.1 Pronósticos de demanda.



Fuentes: Elaborado por el grupo Investigador

Los pronósticos estudian el comportamiento de la demanda de algún producto ó parte, basados en datos ó registros de ventas ó compras pasados y juicios de eventos a futuro. El hecho de que estos sean a corto, mediano ó largo plazo depende de lo que con ellos se quiere obtener. Se debe tener en cuenta que los pronósticos son un método de planeación y no un modelo para programación de requerimientos de producción. Existen varios métodos para pronosticar la demanda y cada uno cumple un requerimiento específico, desde los que tienen una variación en sus predicciones hasta los que reducen esta variación al mínimo posible, sin embargo todo pronóstico contempla algún error y esto podrá verificarse una vez se comparen las cantidades demandadas, contra las cantidades pronosticadas.

Se debe considerar que utilizar un modelo de pronósticos muy exacto resulta costoso para la empresa, ya que la exactitud del pronóstico es directamente proporcional al costo de utilizarlo, debido a la inversión en tiempo, información y personal requeridos para la ejecución y control del mismo. Pese a esto, existen empresas que requieren que los pronósticos sean lo más exactos posible, por muchas razones: precios de materia prima, costos de mantener inventarios, procesos complicados, costos de manufactura etc. Cuando este sea el caso, tener un modelo más exacto no

resulta ser un costo si no una inversión. Es por esto que la empresa debe tener muy claro lo que espera obtener de los resultados que el modelo escogido arroje, ya que con estos datos se basa toda la planeación y programación posterior al pronóstico, con el cual se podrá esperar un buen nivel de servicio para los clientes, tener un control sobre los inventarios, liberar ordenes de trabajo, identificar necesidades de programación, de horas extras ó subcontratos y en general elegir estrategias tácticas y operativas de producción (Vollman, 1995; Krajewsky, 2000, Narasimhan, 1996 y Silver, 1998).

### 2.3.2 Clasificación Métodos de Pronósticos



Tal vez esta última clasificación es la más generalizada por los distintos autores consultados<sup>5</sup> de acuerdo con los cuales, los métodos cualitativos y cuantitativos que se pueden aplicar en la elaboración de los pronósticos son los siguientes:

- **Métodos Cualitativos:** Método Delhi, método del juicio informado, método de la analogía de los ciclos de vida y método de la investigación de mercados.
- **Métodos cuantitativos:** Métodos por series de tiempo y métodos causales.

<sup>5</sup> Buffa & Sarin; Adam & Ebert,1991; Hanke & Deitsch,1996; Tawfik & Chauvel, 1992, Monks, 1991; Chase & Aquilano, 1995; Rigss,1998; Schroeder,1992



Una clasificación de los métodos aplicados en la elaboración de pronósticos, realizada con base en Hanke & Deitsch [1996] y Schroeder [1992], se presenta en la tabla 1.

**Cuadro 1. Clasificación de los métodos de pronóstico**

METODOS CUALITATIVOS	Nombre		Horizonte de predicción
	Delphi		Mediano y largo plazo
	Juicio informado		Corto plazo
	Analogía de ciclos de vida		Mediano y largo plazo
	Investigación de mercados		Corto y mediano plazo

METODOS CUANTITATIVOS	Tipo	Nombre	Horizonte
	SERIE DE TIEMPO	No formales	Corto
		Promedio simple	Corto
		Promedio móvil	Corto
		Suavización exponencial	Corto
		Suavización exponencial lineal	Corto
		Suavización exponencial cuadrática	Corto
		Suavización exponencial estacional	Corto
		Filtración adaptativa	Corto
		Descomposición clásica	Corto
		Modelos de tendencia exponencial	Mediano y largo
		Ajuste de curva S	Mediano y largo
		Modelo de Gompertz	Mediano y largo
		Curvas de crecimiento	Mediano y largo
		Census II	Corto
	Box-Jenkins	Corto	
	CAUSALES	Regresión simple	Mediano
		Regresión Múltiple	Mediano
		Indicadores principales	Corto
		Modelos econométricos	Corto
Regresión múltiple de series de tiempo.		Mediano y largo	

Fuente: Elaborado por el grupo investigador con datos tomados de varios autores.

**2.3.3 Planeación agregada de la producción (APP)<sup>6-7</sup>.** Puede definirse como un plan de producción a mediano plazo, que es factible desde el punto de vista de la capacidad, ya que permite lograr el plan estratégico de la forma más eficaz posible en relación con los objetivos tácticos del subsistema de operaciones. Heizer y Render, (2001) la definen como un método para determinar la cantidad de producción y su desarrollo en el tiempo a medio plazo.

<sup>6</sup> GAITHER Norman; FRAZIER Grey. Administración de Producción y Operaciones. Cuarta Edición. Editorial Thompson Editorial Soluciones empresariales. México 2000. pp. 317.

<sup>7</sup> SARACHE Castro William Ariel. El proceso de planificación, programación y control de la producción. Una aproximación teórica y conceptual. Ingeniero Industrial (CUI, 1993) Máster en Producción (UCLV,1999) Candidato a Doctor en Ciencias Técnicas.(UCLV) Profesor Asistente de la Universidad Nacional de Colombia. [wsarach@telesat.com.co](mailto:wsarach@telesat.com.co)

La planeación agregada (PA) se refiere a la determinación de la fuerza laboral, a la cantidad de producción y niveles de inventario en orden a satisfacer la demanda para un horizonte temporal de planificación específico a medio plazo. La PA puede desempeñar un papel dominante en la gestión de la empresa, debido a que planifica los recursos de la misma e integra todos los aspectos de la organización, ligando las operaciones de producción, la contabilidad, el área financiera, con la gestión de la administración, las políticas de la gerencia de recursos humanos, a cargo de los niveles de fuerza laboral, empleo y despidos, el área comercial, con la responsabilidad de introducir el producto al mercado empleando diferentes estrategias, como por ejemplo: políticas de precios, promociones, discriminación de precios, entre otras.

El término "agregada" hace referencia a que la planificación de la producción a mediano plazo no desglosa la cantidad de producción por detalles de productos sino que los considera en varias familias de productos, sin importar sus diferentes variantes de diseño o modelo (ejemplo; color final de cada producto, si la cinta debe llevar o adhesivos, etc.). De igual manera son considerados los recursos para la producción; éstos se agrupan en familias de recursos (por ejemplo; materia prima, las instalaciones, procesos productivos, la tecnología, entre otros). Con respecto al tiempo de planificación, no se detalla el trabajo día a día sino que la producción se planifica en periodos de tiempo (meses o quincenas) que conforman un horizonte temporal de planificación, que puede ser de 6 a 18 meses. La producción, los recursos y tiempos agregados posteriormente deben ser desagregados a un nivel detallado, en cantidades de productos según sus características particulares, en los recursos necesarios para cada producto, y en periodos de tiempo reducidos y controlados. Con esta desagregación se genera una planificación detallada desde el plan agregado.

De acuerdo con Nahmias [1997], puede ser aconsejable utilizar unidades agregadas tales como familias de productos, unidad de peso, unidad de volumen, tiempo de uso de la fuerza de trabajo o valor en dinero. De todas maneras, cualquier unidad agregada que se escoja debe ser significativa, fácilmente manejable y comprensible dentro del plan.

De otra parte, dentro del proceso de elaboración del plan agregado y en áreas del cumplimiento de su objetivo fundamental, es importante el manejo de las variables que pueden influir en este, las cuales pueden ser clasificadas en dos grandes grupos [Schroeder, 1992]: En primer lugar, están las variables de oferta, las cuales permiten modificar la capacidad de producción a través de la programación de horas extras, contratación de trabajadores eventuales, subcontratación de unidades y acuerdos de cooperación; en segundo lugar, están las variables de demanda, las cuales pueden influir en el comportamiento del mercado mediante la publicidad, el manejo de precios, promociones, etc.

Así mismo, existen varias estrategias para la elaboración del plan agregado, las cuales han sido clasificadas por la mayoría de los autores en dos grupos, subdivididos así: [Schroeder,1992; Chase

& Aquilano,1995; Nahmias,1997; Heizer & Render,1997; Rusell & Taylor,1998; Vollmann et al,1997; Domínguez Machuca et al, 1995] en:

- Estrategias puras: Mano de obra nivelada (con empleo de horas extras o trabajadores eventuales).
- Estrategia de persecución, adaptación a la demanda o de caza: (con o sin empleo de la subcontratación).
- Estrategias mixtas: Se realizan mezclando varias estrategias puras.

Debido a las diferentes estrategias que se pueden adoptar, se debe obtener un plan que satisfaga las restricciones internas de la organización y a la vez mantenga el costo de utilización de los recursos lo más bajo posible.

Es primordial que en el momento de desarrollar un plan agregado de producción es necesario tener en cuenta determinadas características referidas en especial al tiempo que se desea planificar, a los criterios de evaluación, las variables necesarias y las restricciones que deben contemplarse.

Existen varios métodos para la resolución del problema de la planeación agregada de la producción, la mayoría de los cuales se pueden clasificar en tres grupos: en primer lugar métodos de comparación de alternativas; en segundo lugar, métodos que utilizan reglas de decisión; y por último métodos basados en modelos de programación matemática, donde se ubica el modelo de programación lineal.

**Plan Agregado bajo el modelo de programación lineal**<sup>8</sup>. Es un concepto que se utiliza para describir una clase general de problemas de optimización. El objetivo es determinar valores de **n** variables reales no negativas para maximizar o minimizar una función lineal de dichas variables, sujeta a **m** restricciones lineales, de las mismas variables. La ventaja principal de formular un problema de programación lineal es que se pueden encontrar soluciones óptimas que no ofrece el método heurístico, ya que el método de programación lineal presenta las siguientes características:

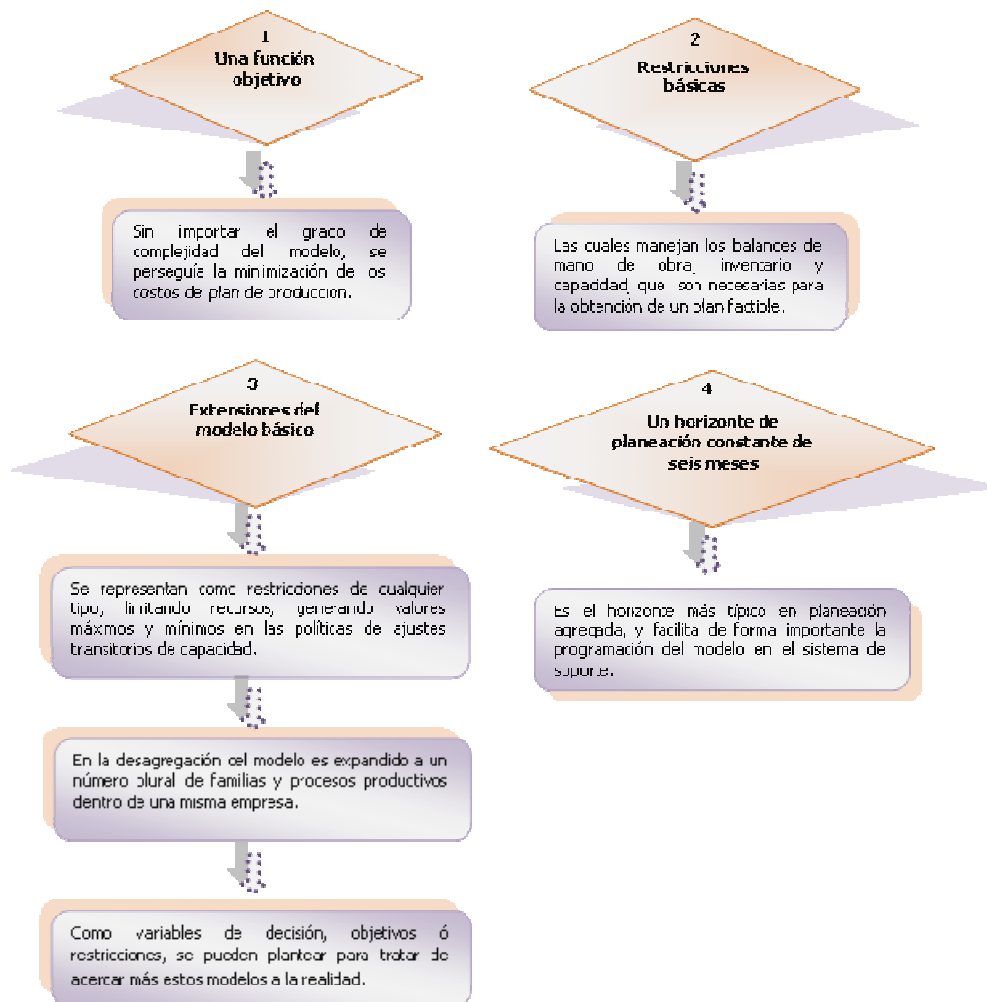
- Reduce los costos de empleo, tiempo extra e inventarios sujetos a cubrir la demanda.
- Determina valores de **n** variables reales no negativas para maximizar o minimizar una función lineal de dichas variables, sujeta a **m** restricciones lineales, de las mismas variables.
- Es comprensible.
- Proporciona un plan y/o soluciones óptimas
- Es potente e inclusive es flexible
- Presenta el problema de planeación total como una asignación de capacidad (oferta) para cubrir los pronósticos de requerimientos (demanda) donde la oferta consta del inventario disponible y las unidades que pueden producirse en el mismo tiempo regular (TR), tiempo extra (TE) y subcontratación (SC).

---

<sup>8</sup> Nahmias, Steven ; Análisis de la producción y las operaciones, Ed. Quinta, Mc Graw Hill, Pag.125

Teniendo en cuenta lo anterior se puede considerar que cuando todas las funciones de costo son lineales, existe una formulación del problema general de planeación agregada como programación lineal. Se pueden obtener entonces a través de ellas soluciones (esencialmente) óptimas para problemas muy grandes, gracias a la eficiencia de los programas de cómputo comerciales<sup>9</sup>, que no establece por ejemplo el método heurístico por cuanto se aplica cuando no es posible o no es computacionalmente factible obtener el óptimo, este es un enfoque que aprovecha la estructura del problema mediante el uso de un conjunto de reglas "racionales" obteniendo una solución buena, es decir cercana a la óptima.

- ☑ **Modelos de programación lineal.** Los modelos de programación lineal son muy variados, sin embargo todos ellos tienen rasgos y estructura característicos similares; por tanto la estructura general de los modelos es la siguiente:



<sup>9</sup> Ibid.

Teniendo en cuenta la estructura anterior se debe estar atento que en esa etapa de táctica o etapa inicial del modelo, este se puede tornar a veces muy complejo y podría no ser muy necesario o podría atrofiar sus posibles soluciones o incluso desviarlas. Por eso se recomienda un nivel de complejidad ni bajo ni alto, tan solo apropiado para su utilización, y éste, varía de una empresa a otra. **Por esto se debe hacer un estudio de las necesidades específicas de la empresa** para no incurrir en el riesgo que proporcionar el uso de modelos genéricos y/o excesivamente complejos.

**2.3.4 Plan maestro de producción (MPS).** Consiste en aterrizar la planeación agregada de producción a periodos de tiempo más cortos, por lo general semanas ó días, y desagregar las familias de productos en productos individuales que serán manufacturados según los pronósticos de corto plazo. Este plan maestro de producción debe ser lo más exacto y confiable posible, ya que es en éste donde se consideran las fechas de entrega al cliente, las fechas de liberación de órdenes para cumplir con las entregas y el inventario de seguridad que se tendrá para algún producto durante el periodo considerado. Esta etapa genera un plan de necesidades de cada parte, teniendo en cuenta los tiempos de producción que cada parte necesita (ya que no todas las partes que conforman un ítem requieren el mismo tiempo). Es por esto que se hace tan importante esta etapa ya que es la que genera la programación y el plan diario ó semanal de producción. Como se podrá notar, esta etapa requiere de información previa, como son pronósticos y plan agregado y de información interna como son: —tiempos de entrega internos (en planta), —disponibilidad de los centros de trabajo ó maquinaria, —Partes en proceso, —información de los inventarios de partes y/o productos terminados, —tiempos de entrega de partes ó subensambles que se no sean producidos por la empresa —y todas y cada una de las partes y procesos que involucren procesar un ítem específico (Vollman, 1995; Krajewsky, 2000, Narasimhan, 1996 y Silver, 1998).

También se puede considerar el Plan Maestro como la programación de las unidades que se han de producir en un determinado periodo de tiempo dentro de un horizonte de planeación. El horizonte de planeación es el tiempo a futuro en el cual se van a producir los artículos, puede ser 3 meses, 6 meses, 1 año.

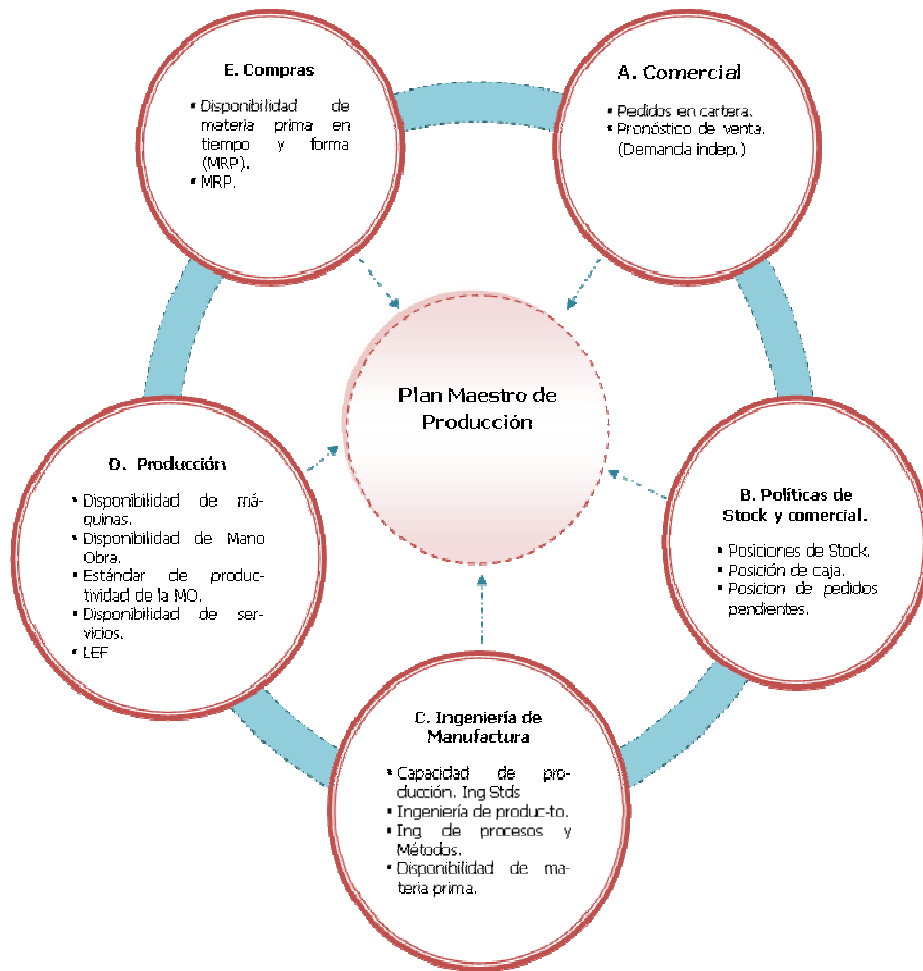
El MPS se inicia a partir de los pedidos de los clientes de la empresa o de pronósticos de la demanda anteriores al inicio del MRP; llega a ser un insumo del sistema. Diseñado para satisfacer la demanda del mercado, identifica las cantidades de cada uno de los productos terminados y cuándo es necesario producirlo durante cada periodo futuro dentro del horizonte de planeación de la producción. Además proporciona la información focal para el sistema MRP, controla las acciones recomendadas por éste sistema en el ritmo de adquisición de los materiales y en la integración de los subcomponentes, los que se engranan para cumplir con el programa de producción del MPS.

El Plan Maestro de Producción (MPS) establece el volumen final de cada producto que se va a terminar (entregado a depósito o cliente) cada semana del horizonte de producción a Corto Plazo (CP). El PMP es un plan de producción futura de Productos Finales (PF), durante un horizonte de Corto Plazo, por lo general algunas semanas. Básicamente toma la capacidad de producción a CP y la asigna a pedidos de PF, para:

1. Entregar los PF cuando se hayan comprometido, sea a stock o a clientes.
2. Evitar sobre o subcargas de los recursos de producción.

Para elaborar un plan maestro de la producción se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

**Diagrama 1. Aspectos a considerar en el Plan de la Producción.**



Fuente: Fuente: Elaborado por el grupo investigador con datos referenciados en Organización de la producción. Planificación y programación de Fábricas y Talleres. Ing. Alberto Di Maio. 2.007

**2.3.5 Planeación y control de la capacidad.** La capacidad se define como la cantidad de producto que se puede manufacturar ó procesar por una determinada unidad productiva (máquina, centro de trabajo ó persona), en un periodo de tiempo determinado. Puede ser calculada como: unds/hr, lts/hr, Hrs/hombre, Hrs/máquina, etc. La planeación y control de la capacidad debe realizarse en varias etapas. Inicialmente en el proceso se deben establecer para periodos de mediano plazo: la fuerza laboral, las tasas de producción y los niveles de inventario, en periodos comprendidos entre seis y veinticuatro meses. En el proceso para la generación del MPS se busca comparar las necesidades de producción que el plan maestro de producción emite y la disponibilidad que se tenga en planta para cumplir esas necesidades, tales como, chequear la viabilidad del plan maestro de producción en cuanto a disponibilidad de horas laborales, materias primas, y limitantes de maquinaria o equipos.

Una vez los requerimientos de materiales se han detallado, cada parte puede ó no ser manufacturada en la empresa, por lo que cuando son fabricadas en la propia planta se le conoce como un lead time ó tiempo medio de fabricación y cuando la parte es adquirida por fuera se conoce como un lead time de entrega. Mediante el control de la capacidad se podrán identificar cuellos de botella los cuales serán aquellos recursos que retrasen el proceso de producción y generen tiempos de espera por proceso. Surgen también dentro de este control de capacidad, las evaluaciones de eficiencia, que se calculan como el cociente entre la cantidad de tiempo estándar que toma realizar una operación o proceso, sobre la cantidad de tiempo total disponible ó asignado al mismo; teniendo en cuenta el tiempo estándar como el tiempo que toma realizar una operación ó proceso específico medido por unidad(s) dentro de condiciones normales de trabajo (buen estado de máquinas, disponibilidad de recursos, calidad de la pieza, etc.), en un periodo de tiempo determinado, generalmente horas, minutos ó segundos (Vollman, 1995 y Narasimhan, 1996).

**2.3.6 Inventarios.** El inventario es el conjunto de mercancías o artículos que tiene la empresa para comerciar con aquellos, permitiendo la compra y venta o la fabricación primero antes de venderlos, en un periodo económico determinados. Deben aparecer en el grupo de activos circulantes.

- Tipos de Inventarios.** Los inventarios son importantes para los fabricantes en general, varía ampliamente entre los distintos grupos de industrias. La composición de esta parte del activo es una gran variedad de artículos, y es por eso que se han clasificado de acuerdo a su utilización en los siguientes tipos:
- Inventarios de materia prima
  - Inventarios de producción en proceso
  - Inventarios de productos terminados
  - Inventarios de materiales y suministros

- ◆ **Inventarios de materia prima.** Comprende los elementos básicos o principales que entran en la elaboración del producto. En toda actividad industrial concurren una variedad de artículos (materia prima) y materiales, los que serán sometidos a un proceso para obtener al final un artículo terminado o acabado. A los materiales que intervienen en mayor grado en la producción se les considera "Materia Prima", ya que su uso se hace en cantidades lo suficientemente importantes del producto acabado. La materia prima, es aquel o aquellos artículos sometidos a un proceso de fabricación que al final se convertirá en un producto terminado.
- ◆ **Inventarios de Productos en Proceso:** El inventario de productos en proceso consiste en todos los artículos o elementos que se utilizan en el actual proceso de producción. Es decir, son productos parcialmente terminados que se encuentran en un grado intermedio de producción y a los cuales se les aplico la labor directa y gastos indirectos inherentes al proceso de producción en un momento dado. Una de las características de los inventarios de producto en proceso es que va aumentando el valor a medida que se es transformado de materia prima en el producto terminado como consecuencia del proceso de producción.
- ◆ **Inventarios de Productos Terminados:** Comprende estos, los artículos transferidos por el departamento de producción al almacén de productos terminados por haber estos; alcanzado su grado de terminación total y que a la hora de la toma física de inventarios se encuentren aun en los almacenes, es decir, los que todavía no han sido vendidos. El nivel de inventarios de productos terminados va a depender directamente de las ventas, es decir su nivel esta dado por la demanda.
- ◆ **Inventarios de Materiales y Suministros.** En el inventario de materiales y suministros se incluye:
  - Materias primas secundarias, sus especificaciones varían según el tipo de industria, un ejemplo; para la industria cervecera es: sales para el tratamiento de agua.
  - Artículos de consumo destinados para ser usados en la operación de la industria, dentro de estos artículos de consumo los mas importantes son los destinados a las operaciones, y están formados por los combustibles y lubricantes, estos en la industria tiene gran relevancia.
  - Los artículos y materiales de reparación y mantenimiento de las maquinarias y aparatos operativos, los artículos de reparación por su gran volumen necesitan ser controlados adecuadamente, la existencia de estos varían en relación a sus necesidades.
- ◆ **Inventario de Seguridad.** Este tipo de inventario es utilizado para impedir la interrupción en el aprovisionamiento causado por demoras en la entrega o por el aumento imprevisto de la demanda durante un periodo de reabastecimiento, la importancia del mismo está ligada al nivel de servicio, la fluctuación de la demanda y la variación de las demoras de la entrega.
- ◆ **Control de inventarios.** Aproximadamente del 30 al 40 % del costo total de operación de una empresa se genera a través de la administración deficiente de los inventarios; tiempo,



esfuerzo y dinero son desperdiciados cuando los productos son almacenados en cantidades no apropiadas para la operación de la empresa ó cuando un producto no está disponible a causa de una administración negligente. Las consideraciones para lograr una política de inventarios que sea confiable, van desde los criterios con los cuales se elige a un proveedor ó proveedores hasta las herramientas con las cuales se definen cantidades y ubicación de almacenamiento de los productos.

Se deben tener en cuenta estas consideraciones para que la empresa se beneficie plenamente de sus inversiones. Uno de los aspectos críticos a tener en cuenta para la administración de las compañías es darle respuesta a la siguiente pregunta: ¿cómo controlar apropiadamente los niveles de inventario? El hecho de tener existencias almacenadas sin necesidad, es sinónimo de tener dinero ocioso. Por el contrario el tener faltantes, genera retrasos internos y externos, así como también disminución de los niveles de servicio. Para darle una administración confiable a este importante bien existen muchos métodos dependiendo del tipo de demanda con el que la empresa se identifique y dependiendo también de los recursos que se tengan para administrarlos (Silver, 1998)

Como complemento al esquema genérico para el proceso de planeación, programación y control de la producción por medio de Arquímedes, se ilustra el esquema genérico del flujo de información en producción. Lo que se busca con la figura 2, es mostrar de manera genérica, como es el proceso de flujo de información en la producción de una empresa, la figura define una especie de mapa que indica la ruta ó los pasos que se requieren para que un producto sea manufacturado.

La importancia de este esquema radica en mostrar cómo funciona una empresa y cuáles son los pasos en los cuales estará involucrado el sistema de información Arquímedes. Conocer este esquema ayuda a la empresa a entender si el sistema de información ayudará a sus intereses ó si el esquema debe ser replanteado y por consiguiente cambiar algunos patrones de producción que permitan que Arquímedes pueda ser implementado y cumpla con las expectativas de la empresa. Este esquema ayuda a definir quien hace que y como lo hace, utilizando lo que se conoce como 5W1H, que consiste en dar respuesta para cada una de las etapas del esquema, a las siguientes preguntas:

- ※ ¿Quién lo hace? (Who?)
- ※ ¿Que hace? (What?)
- ※ ¿Dónde lo hace? (Where?)
- ※ ¿Cuándo lo hace? (When?)
- ※ ¿Por que lo hace? (Why?)
- ※ ¿Como lo hace? (How?)

Dar respuesta a estas preguntas ayuda a la empresa a entender, organizar y dar solución a problemas que pudieran estarse presentando, tales como distribución de máquinas o CTS., oficios, operaciones, etc.

## 2.4 MARCO CONCEPTUAL

El fundamento conceptual es fundamental en una investigación para llegar a la posible solución del problema planteado, estos conceptos deberán ajustarse a las alternativas de solución del problema. Esta parte del trabajo escrito tiene como objetivo enmarcar el problema dentro de la disciplina de la ingeniería industrial principalmente los conceptos que se van a mantener a lo largo del estudio los cuales van apuntar hacia la producción y la planeación estratégica para el mejoramiento de los procesos productivos.

- **Bias:** influencia de algún factor ajeno en los resultados de un estudio, en el que se realiza un análisis estadístico.
- **Bajadas:** cantidad de rollos que sale de un ciclo de producción.
- **Capacidad de la Producción:** es el máximo nivel de actividad que puede alcanzarse con una estructura productiva dada.
- **Costo:** es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio.
- **Costos de tiempos extras y tiempo perdido:** normalmente están formados por los salarios regulares más una prima del 50%. El costo de tiempo perdido con frecuencia se refleja en el uso de empleados para una productividad inferior a la total.
- **Costo de mantenimiento de inventarios:** se relacionan con mantenimiento de productos en inventario. Incluyen el costo del capital, el costo variable de almacenamiento, el costo de la obsolescencia y del deterioro.
- **Costo de subcontratistas:** es el precio que se paga a un subcontratista para que produzca las unidades y estos pueden ser mayores o menores que el costo de la producción de las unidades en forma interna.
- **Costos de mano de obra eventual:** debido a la diferencia de prestaciones el costo de mano de obra eventual es menor que el de la mano de obra regular. Aunque con frecuencia los trabajadores eventuales no reciben prestaciones, se puede especificar un porcentaje de mano de obra eventual en los contratos colectivos.

- **Costo de agotamiento de inventarios o pedidos:** el costo de recibir un pedido o el del agotamiento de inventario debe reflejar el efecto de una reducción en el servicio al cliente. El costo es muy difícil de estimar pero puede relacionarse con la pérdida de prestigio ante los clientes y la posible pérdida de venta futura.
- **Datos:** colección de hechos significativos y pertinentes, para el organismo u organización que los percibe.
- **Demanda:** cantidad de bien y servicio que los compradores o consumidores están dispuestos a adquirir sus necesidades o deseos quienes además tienen la capacidad de pago para realizar la transacción en un lugar determinado y establecido.
- **Estacionalidad:** se considera a la relación existente entre las observaciones del mismo mes en años sucesivos.
- **Fechas de entrega:** se considera como restricciones que debe cumplir el modelo de plan agregado de producción (PAP). Sin embargo no siempre existen soluciones factibles, por lo que debe elegirse las restricciones que se violan; en particular se puede recurrir a corto plazo a aplazar la fabricación de algunos artículos, pero siempre se eligen mediante el criterio de reducir los costes de producción ignorando el servicio que suponen a los clientes.
- **Gams:** es un lenguaje de modelización, más que un programa para resolver problemas de optimización. La ventaja que presenta este programa GAMS, es que junto al módulo de modelización (base) incorpora diferentes solver (algoritmos de resolución de problemas) tanto de programación no lineal, como lineal y entera.
- **Inventarios:** conjunto de mercancías o artículos que tiene la empresa para comerciar con aquellos, permitiendo la compra y venta o la fabricación primero antes de venderlos, en un periodo económico determinados.
- **Métodos heurísticos:** es un procedimiento para resolver un problema de optimización mediante una aproximación intuitiva, en la que la naturaleza intrínseca del problema se usa de manera inteligente para obtener una buena solución. En contraposición de los métodos exactos que proporcionan una solución óptima del problema, los métodos heurísticos se limitan a encontrar una buena solución aunque no necesariamente la óptima. Lógicamente, el tiempo que tarda un método exacto para encontrar una solución óptima de un problema difícil es de un orden de magnitud muy superior al de un método heurístico.
- **Plan maestro de producción MPS (MASTER PRODUCTION SCHEDULING):** programación de las unidades que se han de producir en un determinado periodo de tiempo dentro de un horizonte de planeación. El horizonte de planeación es el tiempo a futuro en el cual se van a producir los artículos, puede ser 3 meses, 6 meses, 1 año.

- **Planeación de la capacidad:** dirige los asuntos desde el punto de vista de abastecimiento de la capacidad de la división para satisfacer la demanda. Esta planeación traduce los planes de producción del área de producción en términos de insumos para aproximarse a la determinación de que proporción de la capacidad de producción será requerida o consumida.
- **Planeación de los requerimientos de materiales (PRM, Material requirement planning):** muestra los requerimientos señalados en el tiempo para la salida y recepción de materiales, que permiten que sea implantado el programa maestro de producción.
- **Planeación estratégica:** proceso mediante el cual quienes toman decisiones en una organización obtienen, procesan y analizan información pertinente, interna y externa, con el fin de evaluar la situación presente de la empresa, así como su nivel de competitividad con el propósito de anticipar y decidir sobre el direccionamiento de la institución hacia el futuro.
- **Planeación:** consiste en determinar los objetivos y formular políticas, procedimientos y métodos para lograrlos.
- **Procesos:** es una red de actividades vinculadas ordenadamente las cuales se llevan a cabo repetidamente y que utilizan recursos e información para transformar insumos en productos abarcando desde el inicio del proceso hasta la satisfacción de las necesidades del cliente.
- **Producción:** es el proceso mediante el cual determinados elementos materiales, trabajo de maquinaria, trabajo de personas o conocimientos se transforman en productos de consumo, bienes de equipo, servicios, transporte.
- **Producto:** Cualquier ofrecimiento que tenga la capacidad de satisfacer una necesidad o un deseo, y que para ello, pueda atraer la atención del público objetivo para ser adquirido, usado o consumido. Un producto, puede ser un bien tangible, un servicio, una idea, una persona, un evento, una experiencia, un lugar, una organización, una información o una propiedad.
- **Programa maestro de producción (PMP, Master Production Scheduling).** El propósito de este programa es satisfacer la demanda de cada uno de los productos dentro su línea. El PMP proporciona una relación importante entre la mercadotecnia y la función de producción. Señala en cuando programar en productos las órdenes de compra o pedidos que llegan, y después de terminar su fabricación, programa su embarque para enviarlo al cliente.
- **Programación Lineal:** es un método, técnica, procedimiento o algoritmo matemático mediante el cual se resuelve un problema indeterminado, formulado a través de ecuaciones lineales, optimizando la función objetivo, también lineal.
- **Pronóstico:** Es una serie de datos que con base a una serie de estudios determinan la demanda en un futuro de un determinado producto.



- **Prueba de corridas:** se usa para probar la aleatoriedad de una serie de observaciones cuando cada observación puede ser asignada a una de dos categorías.
- **Sistema de producción Push:** el producto era “presionado” hacia los canales comerciales.
- **Sistema Producción Pull:** la demanda “tira” del sistema.
- **Tucos.** Cilindro hueco de cartón con diámetros de 1” y 3” donde se enrolla la cinta adhesiva.

### **3. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CELLUX COLOMBIANA S.A A TRAVÉS DE CURSOGRAMAS SINÓPTICOS, ANALÍTICO, DIAGRAMA DE FLUJO, DE RECORRIDO, Y LOS SIPOCS**

Para la realización de cualquier estudio o investigación en una empresa manufacturera es de vital importancia conocer el proceso de elaboración de sus productos y las diferentes áreas o secciones por donde se transporta y llega la materia prima para su transformación y de esta manera obtener un producto terminado que satisfaga las necesidades del cliente, para lo cual existen técnicas o instrumentos de anotación entre ellos se encuentran los denominados diagramas o cursogramas y los SIPOPC (Proveedor ==> Insumos==> Proceso ==> Salida ==> Cliente) con las cuales se pudo consignar información detallada, con precisión y al mismo tiempo de manera estandarizada, a fin de que todos los interesados las comprendan de inmediato, aunque trabajen en fabricas o países distintos. Hay varios tipos de cursogramas de estos los que generan la información de manera más detallada son los denominados diagramas o cursogramas macros entre ellos se citan los siguientes:

- Cursograma Sinóptico
- Cursograma Analítico
- Diagrama de Flujo
- Diagrama de Recorrido

Para la realización de los diferentes cursogramas macros y SIPOCS para la empresa Cellux Colombiana S.A se efectuó el siguiente procedimiento:

1. Se realizó la visita a planta de Cellux Colombiana S.A. reconociendo los diferentes talleres o secciones que hacen parte del proceso productivo de la misma entre estos se encontró:
  - Taller de Materia Prima es el lugar donde llegan y se encuentran almacenados todos los materiales: Bobinas, Tucos (ver pp. 61), cajas, entre otros, necesarios para la realización de las diferentes cintas adhesivas.
  - Taller de corte y conversión, al cual llegan los diferentes materiales (Bobinas, Tucos, cajas) transportados del taller de materia prima para su debida transformación.
  - Taller de Producto Terminado como su nombre lo indica a este taller llega el producto final o terminado para ser enviado a los clientes correspondientes de cada pedido, este producto terminado tiene una respectiva codificación por ejemplo 102C-00-0012-005 la cual se encuentra compuesta de la siguiente manera: los tres primeros numeros seguidos de una letra en mayuscula 102C se denomina (Referencia), los dos numeros siguiente en este caso 00 son (Codigos), los cuatro digitos siguientes en este caso 0012 es el (Ancho), y los cuatro digitos finales en este caso 0005 es el largo el cual se encuentra en metros (m).

2. Después de realizado el reconocimiento de los talleres se estudió cada una de las actividades que se realizaron en ellos, se tomaron los respectivos tiempos de cada actividad, se identificaron la cantidad de operarios que laboran en cada uno de ellos y los materiales utilizados. Ver cuadro 2: Talleres de Materia prima. Cuadro 3: Taller de corte y conversión. Cuadro 4: Taller de producto terminado.

**Cuadro 2. Taller de Materia Prima:**

NOMBRE ACTIVIDAD	DEFINICION	TIEMPO EJECUCION	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	CANTIDAD OPERARIOS
Recepción Materia Prima	Recibimiento de los materiales que llegan de los diferentes proveedores.	15 minutos	Montacargas	03 Operarios
Revisión Materia Prima	Inspección detallada de todo el material recibido es decir se corrobora el material que llega con la orden de recepción del pedido.	30 minutos		
Almacenamiento de la Materia Prima	Ubicar en la bodega todos los materiales recibidos para luego poder ser despachados.	30 minutos		
Entregar Materia Prima a Usar	Como su nombre lo indica es la entrega de los materiales a utilizar.	10 minutos		
Transporte de Materia Prima	Envío a través de un vehículo (montacarga) de los materiales a utilizar para la realización de su debida transformación y de esta manera poder obtener un producto terminado.	10 minutos		

**Cuadro 3. Taller de Corte y Conversión**

NOMBRE DE ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	TIEMPO DE EJECUCIÓN	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	CANTIDAD DE OPERARIOS
Llevar Bobina Adhesivada al taller Corte y conversión.	Transporte Bobina proviene de materia prima hacia taller de Corte y Conversión.	2 minutos	Bobina Adhesivada Tucos Cortadora Empacadora	16 Operarios
Almacenamiento temporal de la Bobina Adhesivada.	Recibir la bobina y colocarla en un lugar (bodega) hasta que vaya hacer utilizada.	1 min – 16 Horas		
Cortar Tucos	Colocar tucos en la cortodara.	30 Segundos		
Transportar Tucos.	Llevar tucos cortados a la empacadora correspondiente.	1 minuto		
Montar Bobina a la cortadora.	Colocar la bobina adhesivada para su respectivo corte.	10-15 minutos		
Cuadrajear Montaje	Colocar y verificar que la Bobina se encuentra de acorde para ser cortada.	15 min-1 Hora		



NOMBRE DE ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	TIEMPO DE EJECUCIÓN	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	CANTIDAD DE OPERARIOS
Cortar Rollos.	Cortar los rollos de acuerdo a la medida de la referencia a fabricar.	2 min	Bovina Adhesivada Tucos Cortadora Empacadora	16 Operarios
Inspeccion de rollos cortados.	Verificar que los rollos cortados cumplen con las especificaciones.	30 segundos		
Almacenamiento temporal de rollos cortados.	Colocarla en un lugar rollos cortados hasta que vaya hacer utilizada.	30 segundos		
Llevar rollos a la empacadora.	Transportar los rollos cortados a la empacadora correspondiente	2 minutos		
Montar rollos empacadora.	Colocar rollos en la maquina para que estos sean empacados.	1 minuto		
Transportar cajas para guardar rollos empacados.	Enviar cajas desde mataria prima hasta la empacadaora correspondiente	1 minuto		
Inspeccionar rollos empcados en papel de empacado.	Verificar que los rollos se encuentran bien sellados y empacados	15 Segundos		
Colocar rollos empacados en las cajas.	Ubicar los rollos empacados según su correspondiente referencia en las cajas	1 minuto		
Transportar cajas al taller de producto terminado	Enviar las cajas con los rollos empcados según su referencia correspondiente al taller de Producto terminado	2 minutos		



#### Cuadro 4. Taller de producto terminado

NOMBRE ACTIVIDAD	DEFINICION	TIEMPO EJECUCION	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	CANTIDAD OPERARIOS
Inspeccionar Cantidad de rollos empacados.	Verficar si las cajas contienen las cantidades de rollos empacados según la orden del pedido	30 minutos	Montacargas	02 Operarios
Esperar transporte de despacho.	Esperar transporte donde seran enviados las cajas de los pedidos	15-30 minutos		
Ingresar cajas inspeccionadas al camión.	Colocar las cajas ya debidamente verificadas en el camion	20 minutos		
Despachar producto terminado	Enviar los camiones a su respectivo cliente.	5-10 minutos		

3. Después que se definió cada una de las actividades y los tiempos anteriores se efectuó la identificación de cuales eran: operaciones, inspecciones, esperas, almacenamiento y transporte para de esta manera realizar los cursogramas y los sipocs, donde se identificó cuales eran Proveedor ==> Insumos==> Proceso ==> Salida ==> Cliente.
4. Por último se realizaron los respectivos cursogramas sinóptico, analíticos, diagrama de flujo, de recorrido y los sipocs de la empresa Cellux Colombiana S.A. los cuales se detallan a continuación.

### 3.1 CURSOGRAMA SINÓPTICO

También denominado Diagrama de Operaciones de Proceso, muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones inspecciones y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado, utiliza únicamente los símbolos de operación y de inspección, este tipo de diagrama muestra una sinopsis de la forma en que se está realizando un proceso, sin entrar en detalles.

	Operación: Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento; por lo común la pieza, material o producto del caso que se modifica o cambia durante la operación.
	Inspección: Indica verificar calidad y cantidad conforme a especificaciones preestablecidas.

#### 3.1.1 Pasos para realizar un Cursograma Sinóptico.

1. Realizar árbol de fabricación
2. Priorizar la importancia de los componentes
3. Realizar una línea vertical para el componente principal (derecha)
4. Realizar líneas verticales para el resto de componentes (derecha a izquierda)
5. Enlazar con la línea principal a medida que requiera el proceso mediante líneas horizontales

#### 3.1.2 Enfoques de un Cursograma Sinóptico.

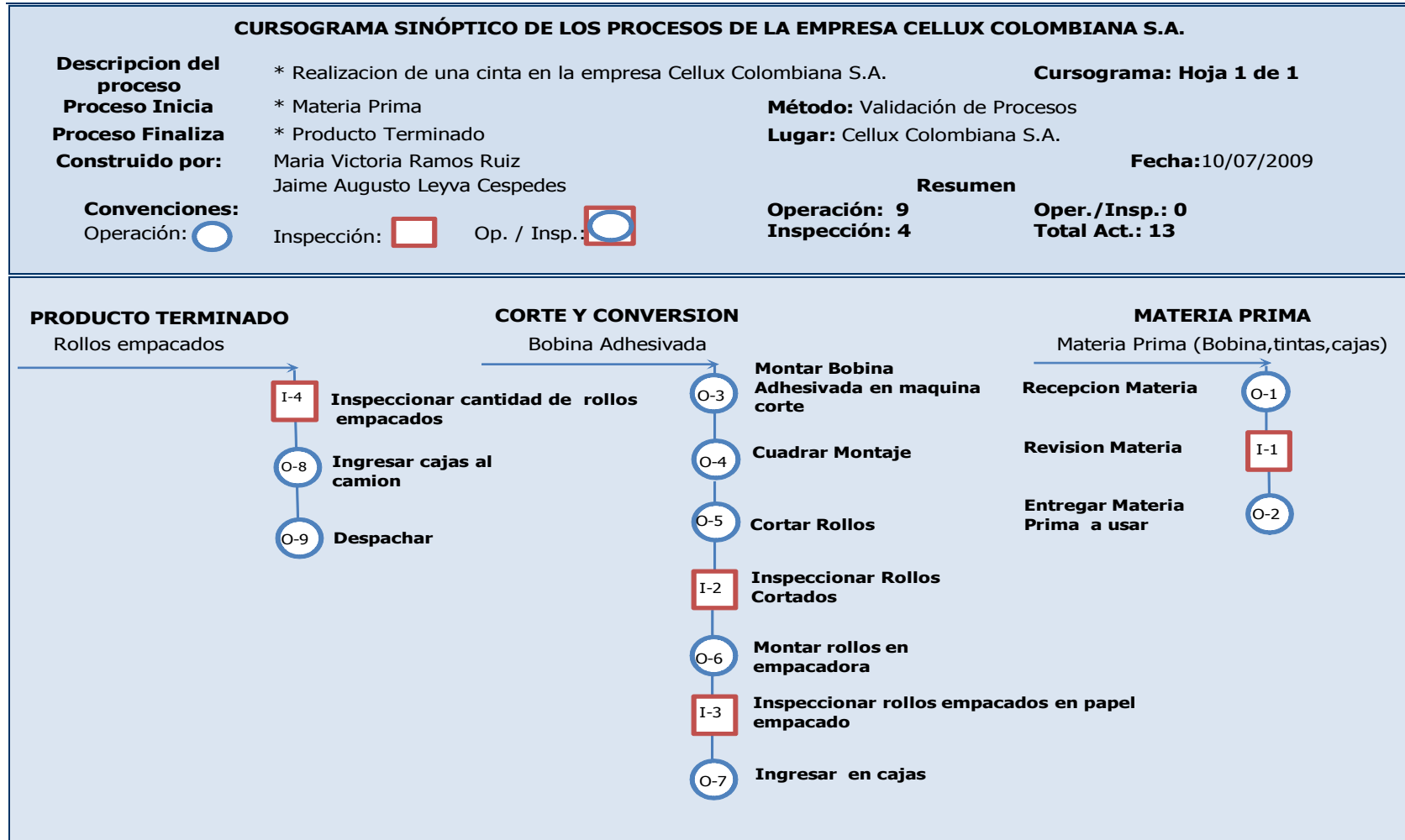
- ◆ Propósito de la Operación
- ◆ Diseño de la parte o pieza (adecuado)
- ◆ Cumplimiento de las especificaciones
- ◆ Proceso de fabricación
- ◆ Preparación y herramientas
- ◆ Condiciones de trabajo
- ◆ Manejo de los materiales
- ◆ Distribución en planta.

**3.1.3. Metodología utilizada para la realización de los cursograma Sinóptico para la empresa Cellux Colombiana S.A.**

- a. Se estudiaron todas las actividades del proceso productivo de la empresa Cellux Colombiana S.A. identificadas en los cuadros 2,3,4 (ver pp. 64 – 65).
- b. Se identificaron las actividades que son operación y las que son inspección en cada uno de los talleres del proceso productivo. (ver pp. 64-65).
- c. Se elaboró el cursograma sinóptico con la información recopilada a fin de dar a conocer la sinopsis del proceso productivo de manera general.

A continuación se estructura el cursograma Sinóptico del proceso de fabricación de cintas Adhesivas en la empresa Cellux Colombiana S.A.






**Cursograma Sinóptico. Procesos de la Empresa Cellux Colombiana S.A.**



Fuente: Elaborado por el grupo investigador

### 3.2. CURSOGRAMA ANÁLITICO.

El cursograma analítico es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda.

	Operación: Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento; por lo común la pieza, material o producto del caso que se modifica o cambia durante la operación.
	Inspección: Indica verificar calidad y cantidad conforme a especificaciones preestablecidas.
	Transporte: Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro.
	Demora: Indica a un periodo de tiempo en el que se registra inactividad ya sea en los trabajadores, materiales o equipo, puede ser evitable o también inevitables.
	Almacenamiento: Indica deposito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.

Los cursogramas analíticos pueden ser de distintos tipos entre ellos se citan:

- ◆ **Cursograma de operario:** Es un diagrama en donde se registra lo que hace la persona que trabaja.
- ◆ **Cursograma de material:** Es un diagrama en donde se registra cómo se manipula o trata el material.
- ◆ **Cursograma de equipo:** Es un diagrama en donde se registra cómo se usa el equipo.

#### 3.2.1. Metodología utilizada para la realización de los cursograma Analíticos para la empresa CELLUX COLOMBIANA S.A.

- a. Se estudiaron todas las actividades del proceso productivo de la empresa en estudio, e identificadas en los cuadros 2, 3, 4 pp. 64-65.
- b. Se identificaron las actividades que son operación, inspección, transporte, espera, almacenamiento en cada uno de los talleres del proceso productivo.
- c. Se elaboraron los cursogramas analíticos con la información recopilada, a fin de dar a conocer la sinopsis del proceso productivo de manera detallada.

Estos cursogramas analíticos permitieron observar y analizar cuáles eran las actividades que hacen parte del proceso de fabricación de las cintas adhesivas en la empresa Cellux Colombiana S.A. y que actividades se pueden eliminar debido a que no generan un valor agregado al producto. A continuación se muestran los cursogramas analíticos de los procesos de fabricación de Cellux Colombiana S.A.

**Cursograma analítico proceso Materia Prima de la empresa CELLUX COLOMBIANA S.A.**

Cursograma Analítico para el proceso Materia Prima en la Empresa Cellux Colombiana S.A.									
<b>Objetivo:</b> Recepcion y entrega de la materia prima (Bobinas, Cajas papel de empaque, tucos entre otros) necesaria para la realizacion del producto						<b>Herramientas y Equipos</b>		<b>Mano de Obra</b>	
<b>Método:</b> Actual (Validación de Procesos)						Montacargas		03 Operarios	
<b>Lugar:</b> Taller de Materia Prima-Cellux Colombiana S.A.									
<b>Cursograma Analítico: Hoja 1 de 1</b>									
<b>Construido por:</b>		MARIA VICTORIA RAMOS    JAIME AUGUSTO LEYVA CESPEDES							
Descripción			Símbolos					Tiempo	Observaciones
			○	■	➡	D	▼		
<b>Proceso de Adhesivado</b>									
<b>O1</b>	Recepcion Materia Prima		○					15 min	
<b>I1</b>	Revision Materia Prima			■				30 min	
<b>A1</b>	Almacenamiento Materia prima						▼	30min	Se coloca en bodega
<b>O2</b>	Entregar Materia Prima a usar		○					10 min	
<b>T1</b>	Transportar materia Prima				➡			10 min	Se utiliza un montacarga
<b>Total de Procesos (Validación Actual):</b>			○	■	➡	D	▼	95 min	
			<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>		

Fuente: Elaborado por el grupo investigador

**Cursograma analítico proceso Corte y Conversión de la empresa CELLUX COLOMBIANA S.A.**

Cursograma Analítico para el proceso Corte y Conversión en la Empresa Cellux Colombiana S.A.							
<b>Objetivo: Cortar Bobinas Adhesivadas en Rollos para ser empacados</b>				<b>Herramientas y Equipos</b>		<b>Mano de Obra</b>	
Método: Actual (Validación de Procesos)				Bobina Adhesivado Tucos Cortadora Empacadora		16 Operarios	
Lugar: Taller de Corte y Conversion - Cellux Colombiana S.A.							
<b>Cursograma Analítico: Hoja 1 de 1</b>							
<b>Construido por:</b>		<b>MARIA VICTORIA RAMOS JAIME AUGUSTO LEYVA CESPEDES</b>					
Descripción	Símbolos					Tiempo	Observaciones
	○	■	→	D	▼		
<b>Proceso de Adhesivado</b>							
T1	Llevar Bobina Adhesivada al Taller de Corte y Conversión			→		2 min	Transporta Montacarga
A1	Almacenamiento Temporal Bobina Adhesivada				▼	1 min -16 Hr	
O1	Cortar Tucos	○				30 seg	
T2	Transporte de Tucos			→		1 min	
O2	Montar Bobina en la Cortadora	○				10-15 min	
O3-11	Cuadrar Montaje	○	■			15min - 1 hora	
O4	Cortar Rollos	○				2 min	
I2	Inspeccion de rollos cortados		■			30 seg	
A2	Almacenamiento Temporal Rollos				▼	30 seg	
T3	Llevar Rollos a la empacadora			→		2 min	
O5	Montar rollos en empacadora	○				1 min	
T4	Transportar Cajas para guardar rollos empacados			→		1 min	
I3	Inspeccionar rollos empacados en papel de empacado		■			15 seg	
O6	Colocar rollos empacados en las cajas	○				1 min	
T5	Transporte al taller de producto terminado			→		2 min	
<b>Total de Procesos (Validación Actual):</b>		6	3	5	0	2	

Fuente: Elaborado por el grupo investigador

**Cursograma analítico proceso Producto Terminado de la empresa CELLUX COLOMBIANA S.A.**

<b>CURSOGRAMA ANALITICO DEL PROCESO PRODUCTO TERMINADO CELLUX COLOMBIANA S.A.</b>								
<b>Objetivo: Realizar entrega producto final</b>				<b>Herramientas y Equipos</b>		<b>Mano de Obra</b>		
Método: Actual (Validación de Procesos)				Montacargas		02 Operarios		
Lugar: Taller de Impresion - Cellux Colombiana S.A.								
<b>Cursograma Analítico: Hoja 1 de 1</b>								
<b>Construido por:</b>	<b>MARIA VICTORIA RAMOS    JAIME AUGUSTO LEYVA CESPEDES</b>							
Descripción		Símbolos					Tiempo	Observaciones
		●	■	➡	D	▼		
<b>Proceso de Adhesivado</b>								
<b>I1</b>	Inspeccionar Cantidad de rollos empacados		■			30 min		
<b>E1</b>	Esperar transporte de despacho				D	15-30 min		
<b>O2</b>	Ingresar cajas inspeccionadas al camion	●				20 min		
<b>T2</b>	Despachar producto terminado			➡		5-10 min		
<b>Total de Procesos (Validación Actual):</b>		●	■	➡	D	▼	70-90 min	
		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		






Fuente: Elaborado por el grupo investigador



### 3.3 DIAGRAMA DE FLUJO

El **diagrama de flujo** es una forma de representar gráficamente los detalles algorítmicos de un proceso multifactorial. Se utiliza principalmente en programación, economía y procesos industriales, pasando también a partir de estas disciplinas a formar parte fundamental de otras, como la psicología cognitiva.

**3.3.1. Simbología Diagramas de Flujos.** Estos diagramas utilizan una serie de símbolos con significados especiales y son la representación gráfica de los pasos de un proceso, estos son:

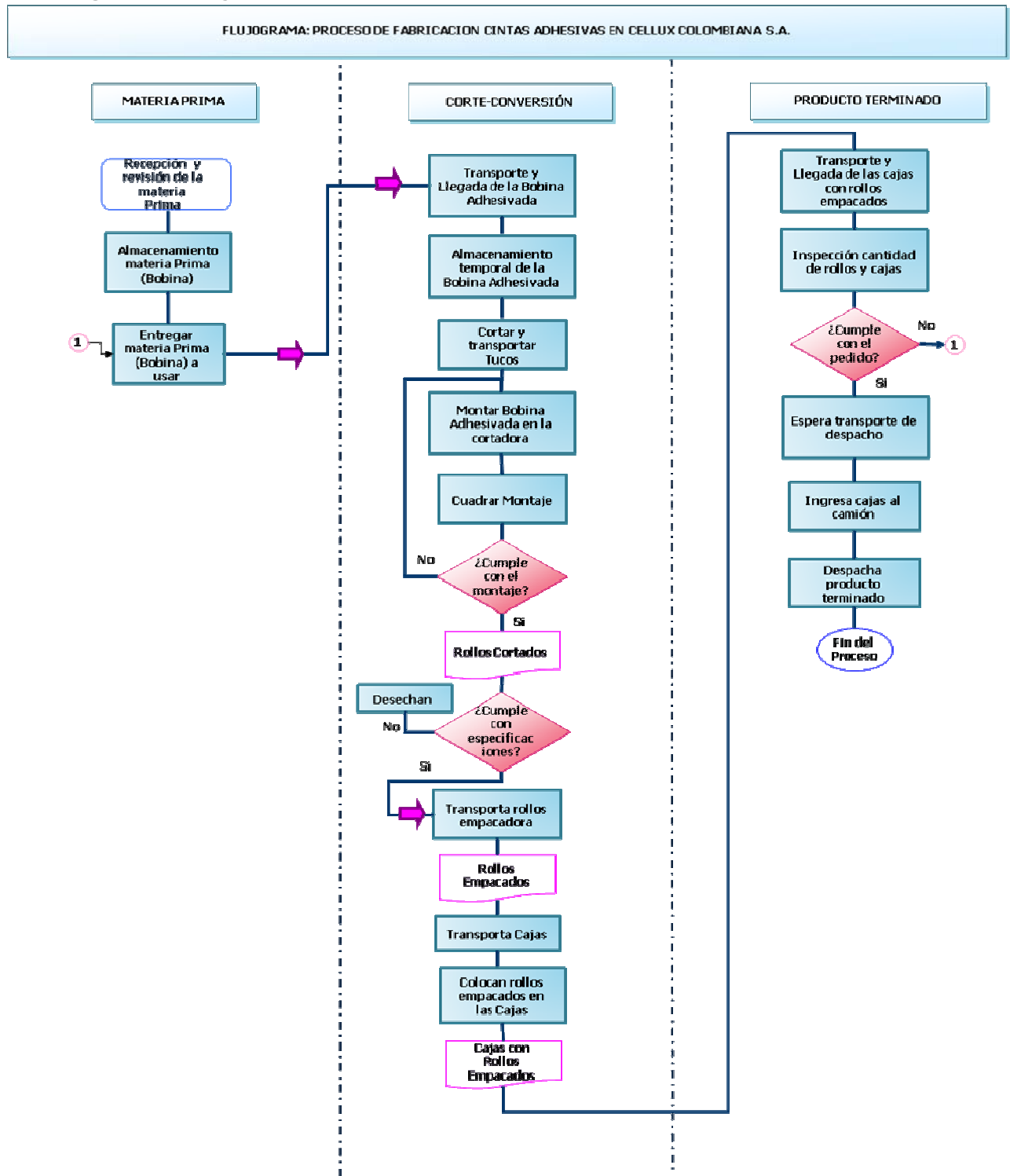
SIMBOLO	NOMBRE	REPRESENTA
	<b>Terminal</b>	Indica el inicio o la terminación del flujo.
	<b>Operación</b>	Representa la realización de una operación o actividad relativas a un procedimiento.
	<b>Decisión</b>	Indica un punto dentro del flujo en que son posibles varios caminos alternativos.
	<b>Documento o Salidas</b>	Representa cualquier tipo de documento que entra o cualquier actividad que genera una salida del procedimiento
	<b>Conector</b>	Representa una conexión o enlace de una parte del diagrama de flujo con otra parte lejana del mismo.

### 3.3.2. Metodología utilizada para la realización del Diagrama de Flujo para la empresa Cellux Colombiana S.A.

- a. Se estudiaron todas las actividades del proceso productivo de la empresa estudiada. identificadas en los cuadros 2, 3, 4 pp. 64-65.
- b. Se identificó el inicio del proceso, las actividades que representaban una operación, las diferentes decisiones que se tenían que tomar durante la fabricación del producto, los documentos o actividades que generaban salidas, las actividades que generaban una conexión o enlace con otra y por último la terminación del proceso.

Este Diagrama permitió observar cual era el flujo del proceso de fabricación de una cinta adhesiva, también se pudo identificar cuáles eran las decisiones que se tomaban durante el proceso en cada una de las áreas de la planta. A continuación se muestra el diagrama de flujo de los procesos de Cellux Colombiana S.A.

**Diagrama de Flujo de los Procesos de CELLUX COLOMBIANA S.A.**



Fuente: Elaborado por el grupo investigador

### 3.4 DIAGRAMA DE RECORRIDO

El Diagrama de recorrido permite observar cual es el recorrido del proceso de fabricación de un producto desde su comienzo hasta su fin, en éste se utiliza la misma simbología del cursograma analítico con la diferencia que el proceso se plasma en un plano y se sigue su secuencia con líneas.

#### 3.4.1. Metodología utilizada para la realización del Diagrama de recorrido para la empresa Cellux Colombiana S.A.

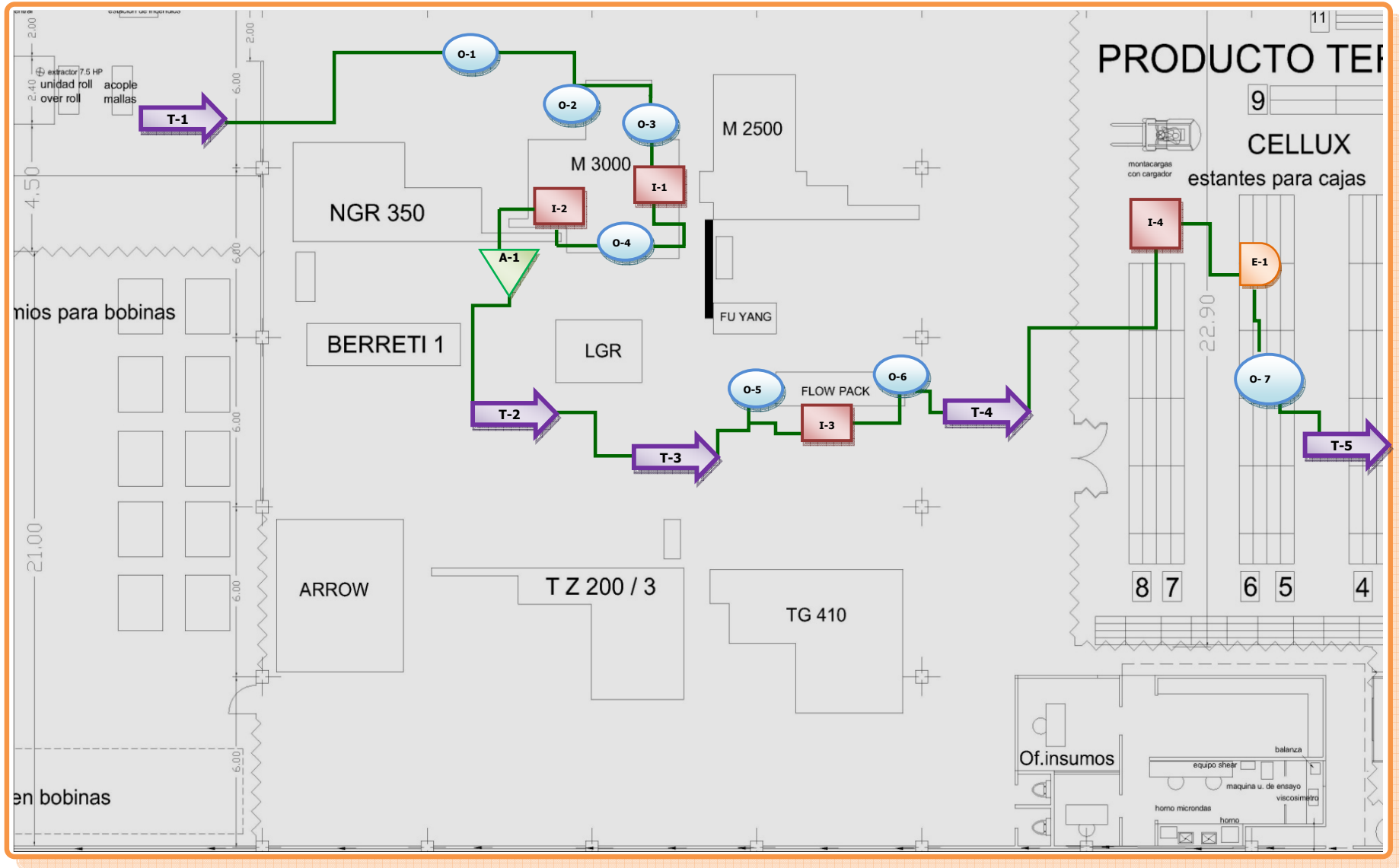
- a. Estudiaron todas las actividades del proceso productivo de la empresa Cellux Colombiana S.A. identificadas en los cuadros 2.3.4 pp. 64-65
- b. Se identificaron todas las actividades del proceso desde su inicio hasta su fin. A continuación se especifican cada una de las actividades del proceso de fabricación de una cinta adhesiva.

#### 3.4.2 Actividades Realizadas en el diagrama de recorrido.

- T-1: Transporta Bobina del taller de materia prima hacia el taller de Corte y Conversión
- O-1: Cortar Tucos
- O-2: Montar Bobina en la Cortadora (M-3000)
- O-3: Cuadrar Montaje
- I-1: Inspeccionar Montaje
- O-4: Cortar Rollos
- I-2: Inspeccion Rollos Cortados
- A-1: Almacenamiento Temporal de los rollos
- T-2: Llevar rollos a la empacadora (Flow Pack)
- T-3: Transportar Cajas para guardar rollos
- O-5: Montar rollos en empacadora
- I-3: Inspeccionar rollos empacados
- O-6: Colocar rollos empacados en las cajas
- T-4: Transportar al taller de producto terminado
- I-4: Inspeccionar cantidad de rollos empacados
- E-1: Esperar transporte de despacho
- O-7: Ingresar cajas al transporte
- T-5: Transporta producto terminado

Este diagrama permitió observar cual es el recorrido del proceso de fabricación de una cinta adhesiva en la empresa Cellux Colombiana S.A. desde su comienzo hasta su fin. A continuación se muestra el diagrama de recorrido de los procesos de fabricación de unas de las Referencias en la empresa Cellux Colombiana S.A. cuyo proceso comienza desde el taller de Materia Prima, sigue hacia el taller de Corte y Conversión donde se utiliza la máquina cortadora en este caso la M-3000, luego es enviada a la máquina empacadora en este caso la máquina denominada Flow Pack y finaliza su proceso en el taller de Productos Terminados.

Diagrama de recorrido de la empresa Cellux Colombiana S.A.



### **3.5 SIPOC DE LOS SUBPROCESOS DE LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A**

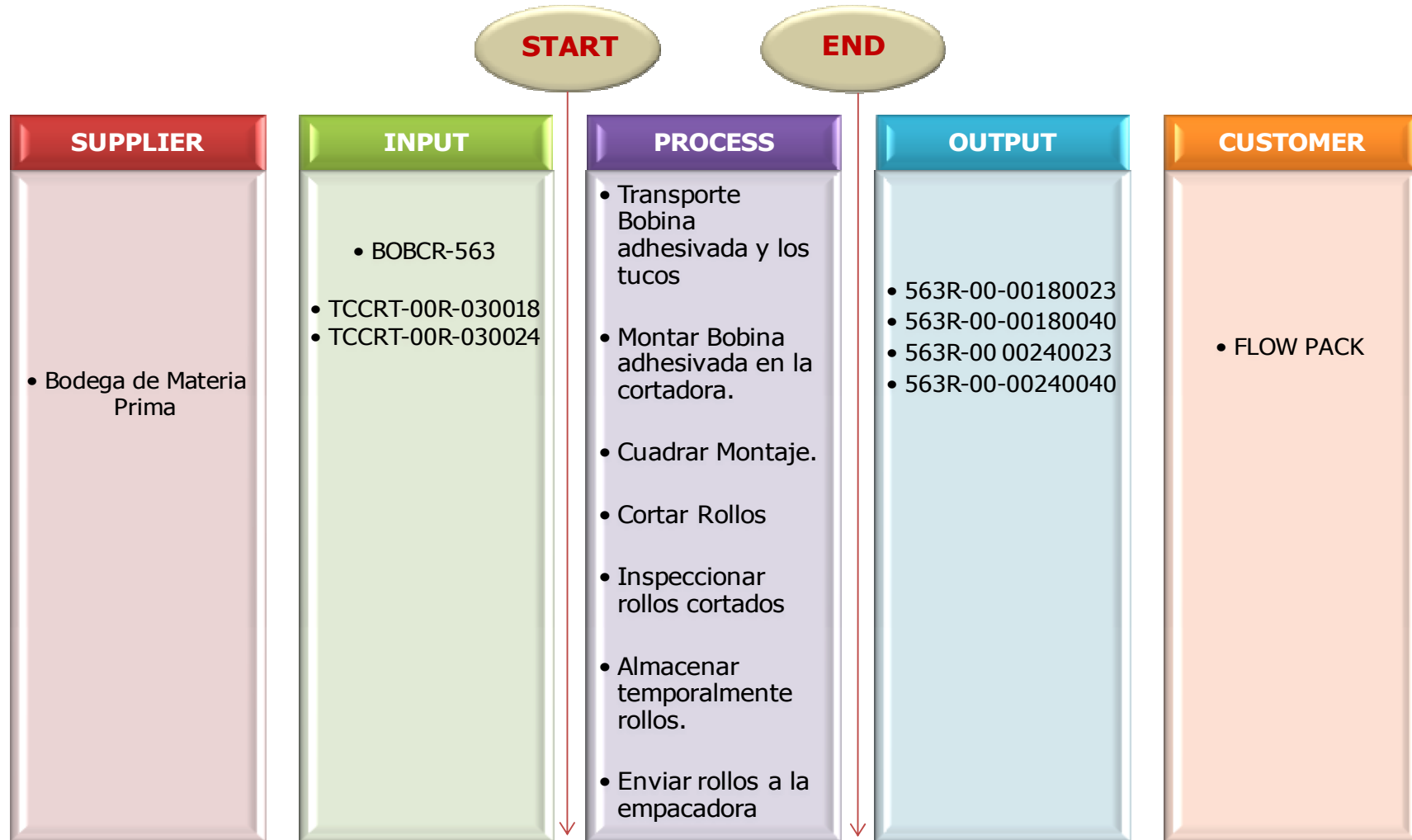
SIPOC es una herramienta que permite identificar los elementos relevantes de un proceso estos son: (Proveedor ==> Insumos==> Proceso ==> Salida ==> Cliente)

#### **3.5.1. Metodología utilizada para la realización de los SIPOC para la empresa Cellux Colombiana S.A.**

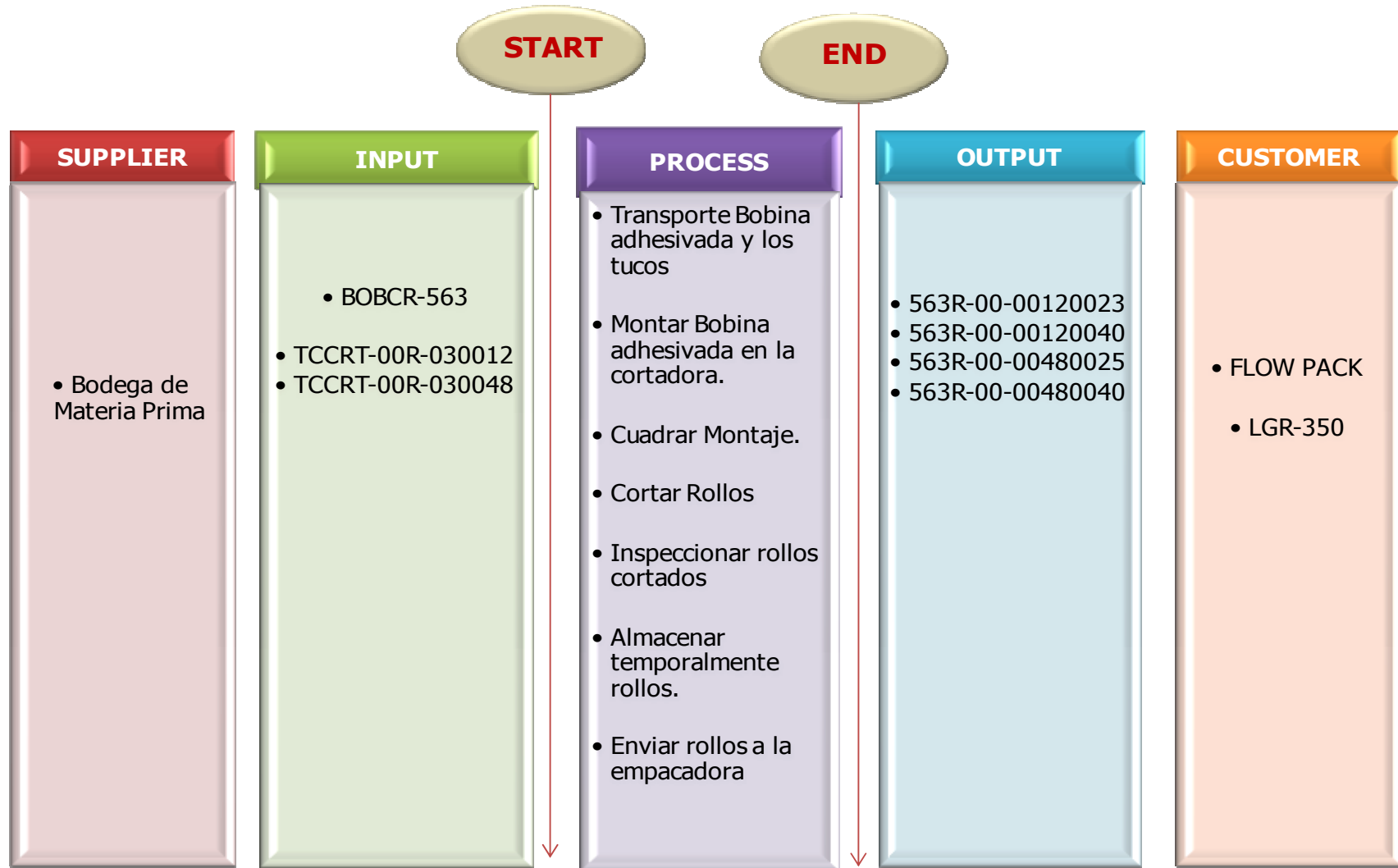
- a. Se estudiaron todas las actividades del proceso productivo de la empresa Cellux Colombiana S.A. identificadas en los cuadros 2,3,4 pp. 64-65
- b. Se identificaron cuales eran los Proveedores ==> Insumos==> Proceso ==> Salida ==> que hacen parte del proceso productivo dependiendo de la referencia.

La empresa Cellux Colombiana S.A. actualmente no posee un SIPOC de los subprocesos, por tal razón a través de la observación directa de los procesos fueron desarrollados estos SIPOC con el fin de establecer la relación existente de cada subprocesos e identificar las áreas de proceso que necesitan ser mejoradas, se pudo conocer el alcance del proyecto al definir la fecha de comienzo y fin de los segmentos e identificar las entradas de los procesos más simples. A continuación se describen los SIPOC de los subprocesos elaborados para la empresa Cellux Colombiana S.A.

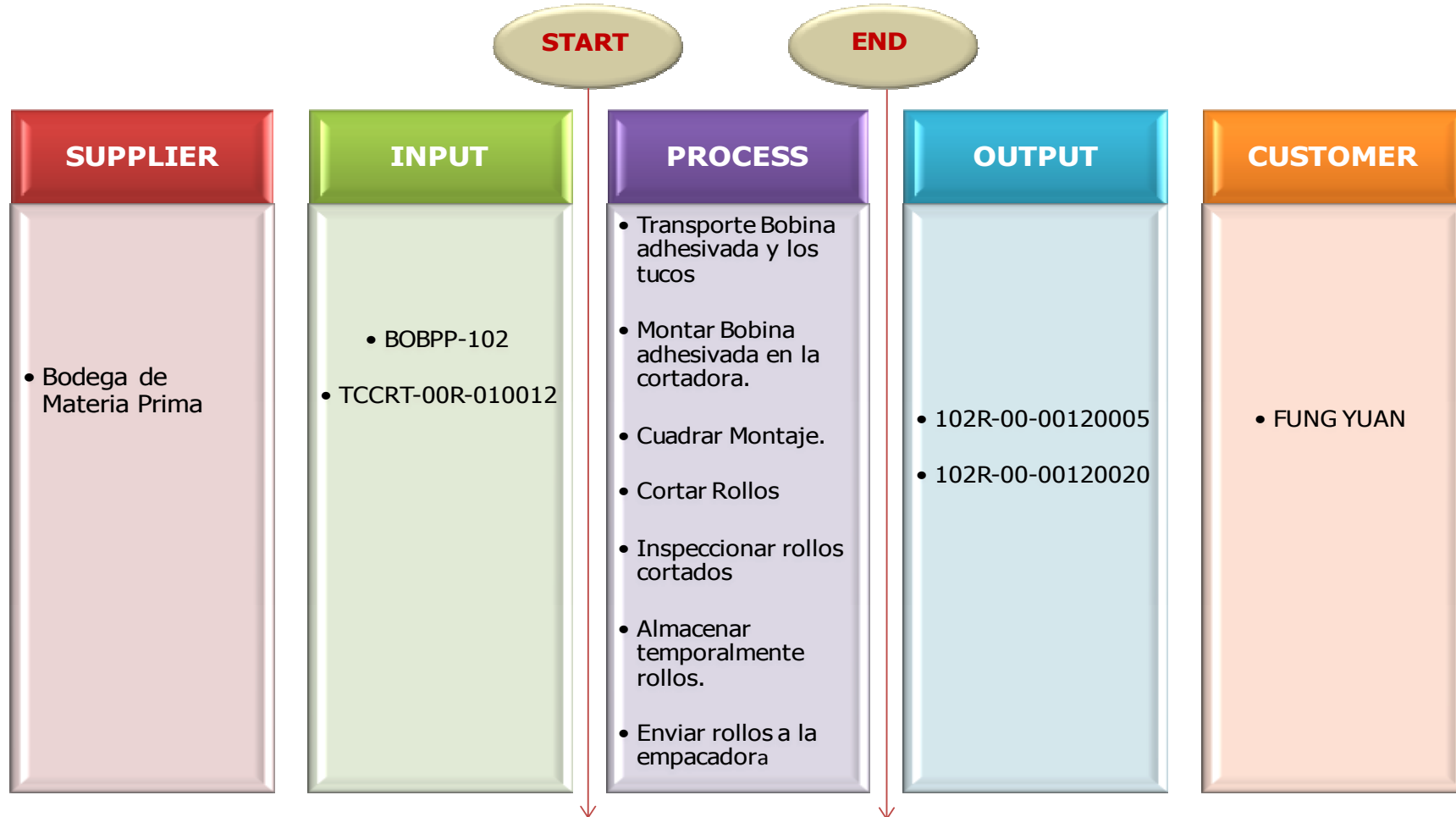
**SIPOC PROCESO CORTE Y CONVERSION MAQUINA M-3000**



**SIPOC PROCESO CORTE Y CONVERSION MAQUINA ARROW**

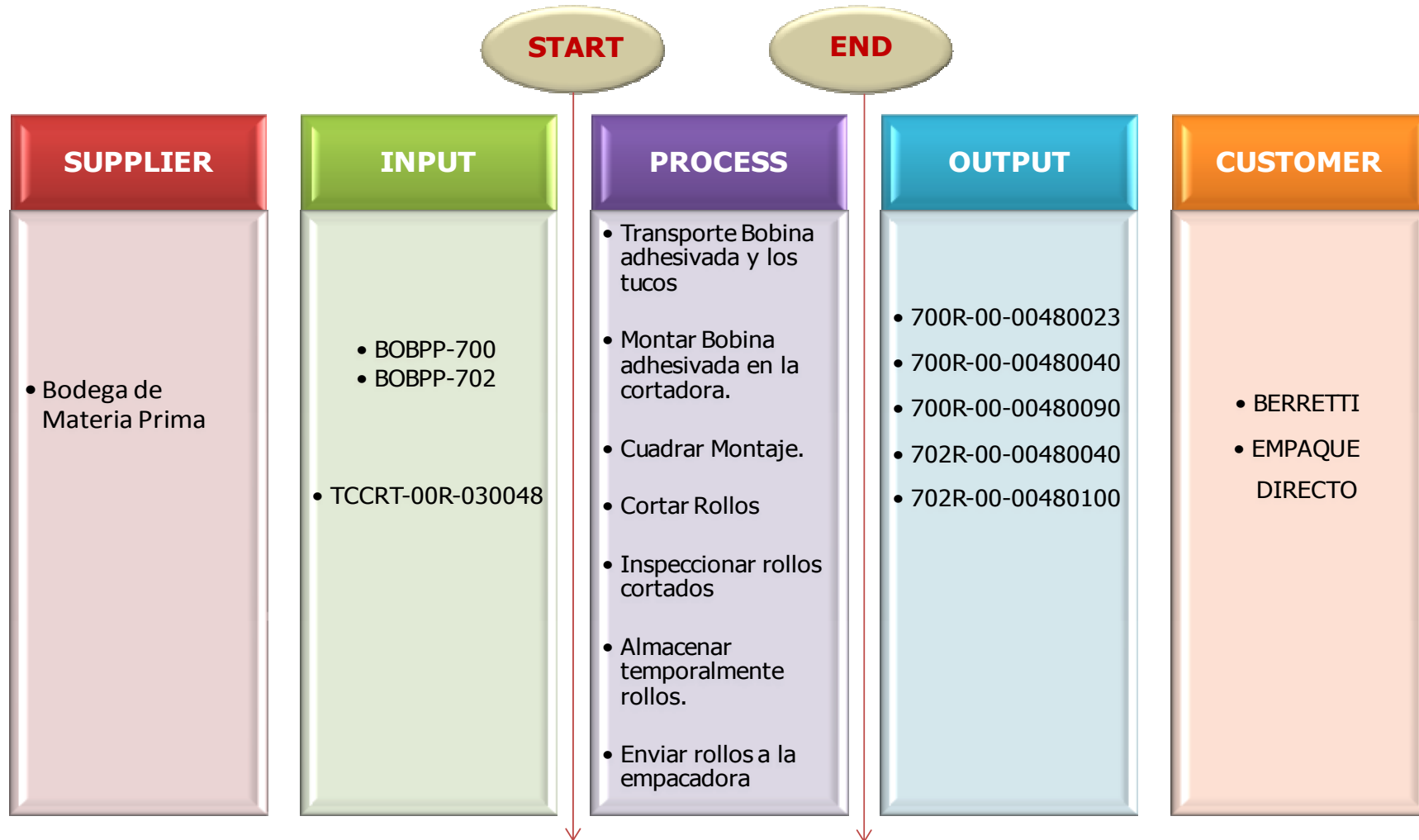


**SIPOC PROCESO CORTE Y CONVERSION MAQUINA M-250**

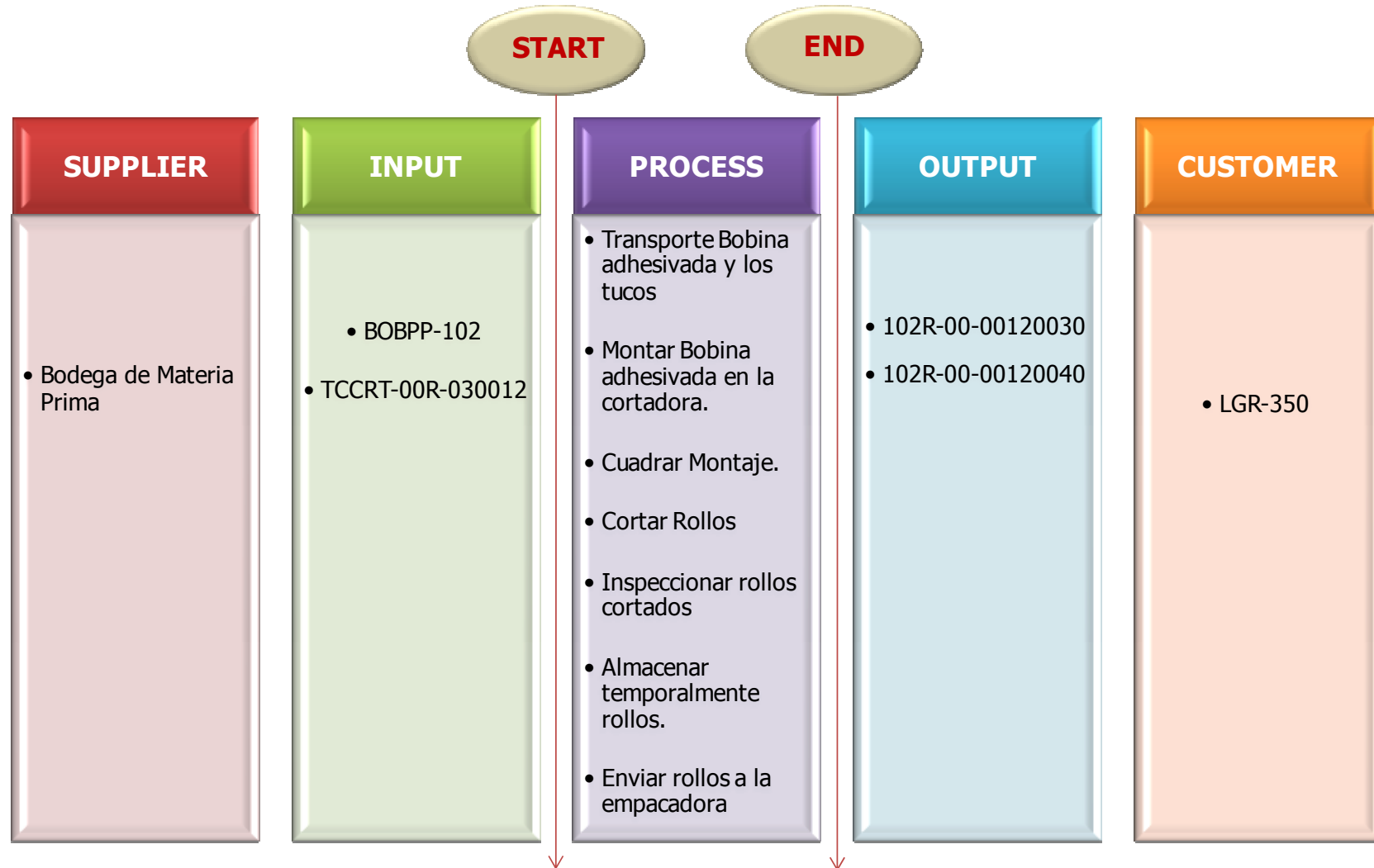




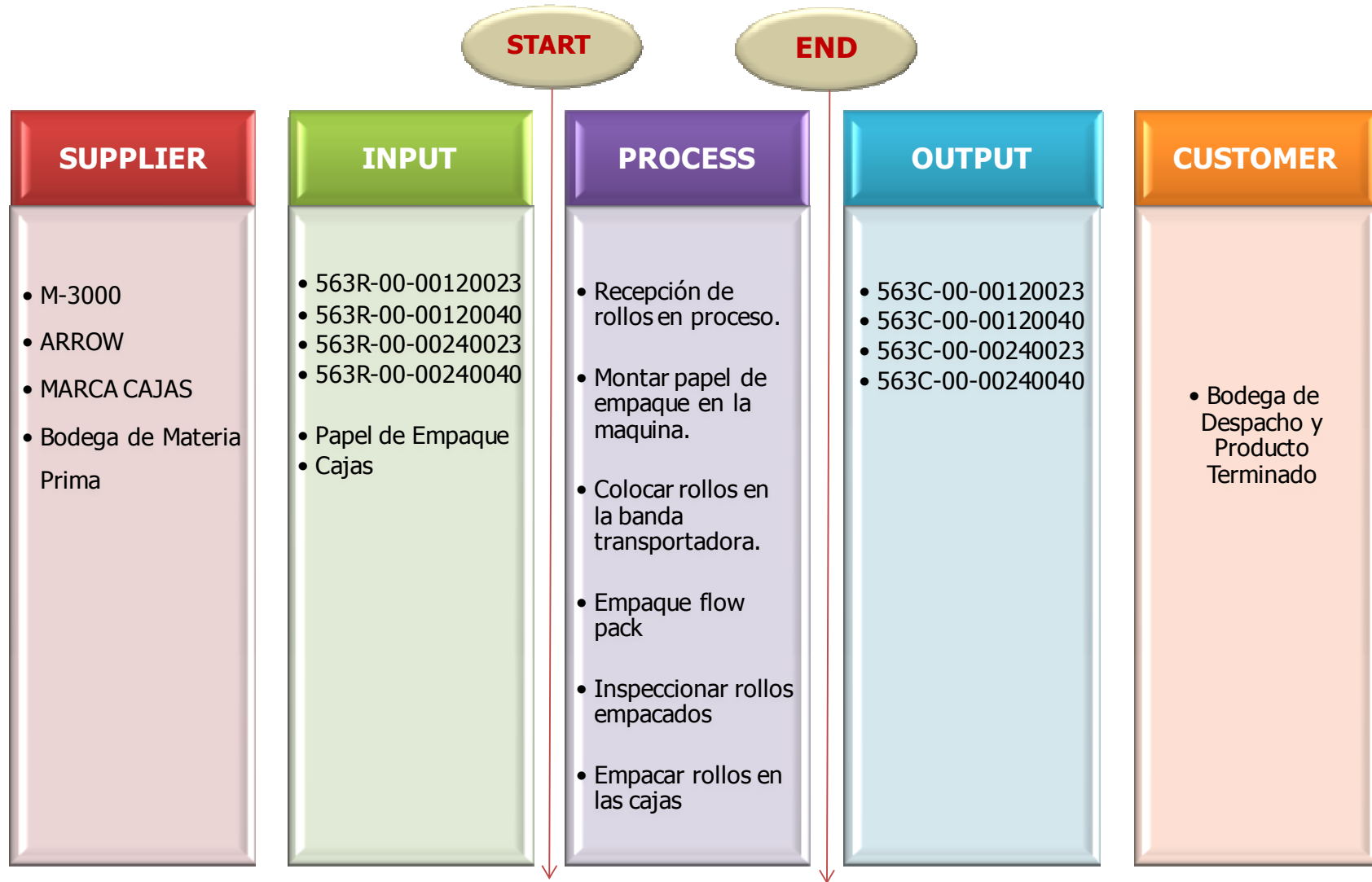
**SIPOC PROCESO CORTE Y CONVERSION MAQUINA TS-200**



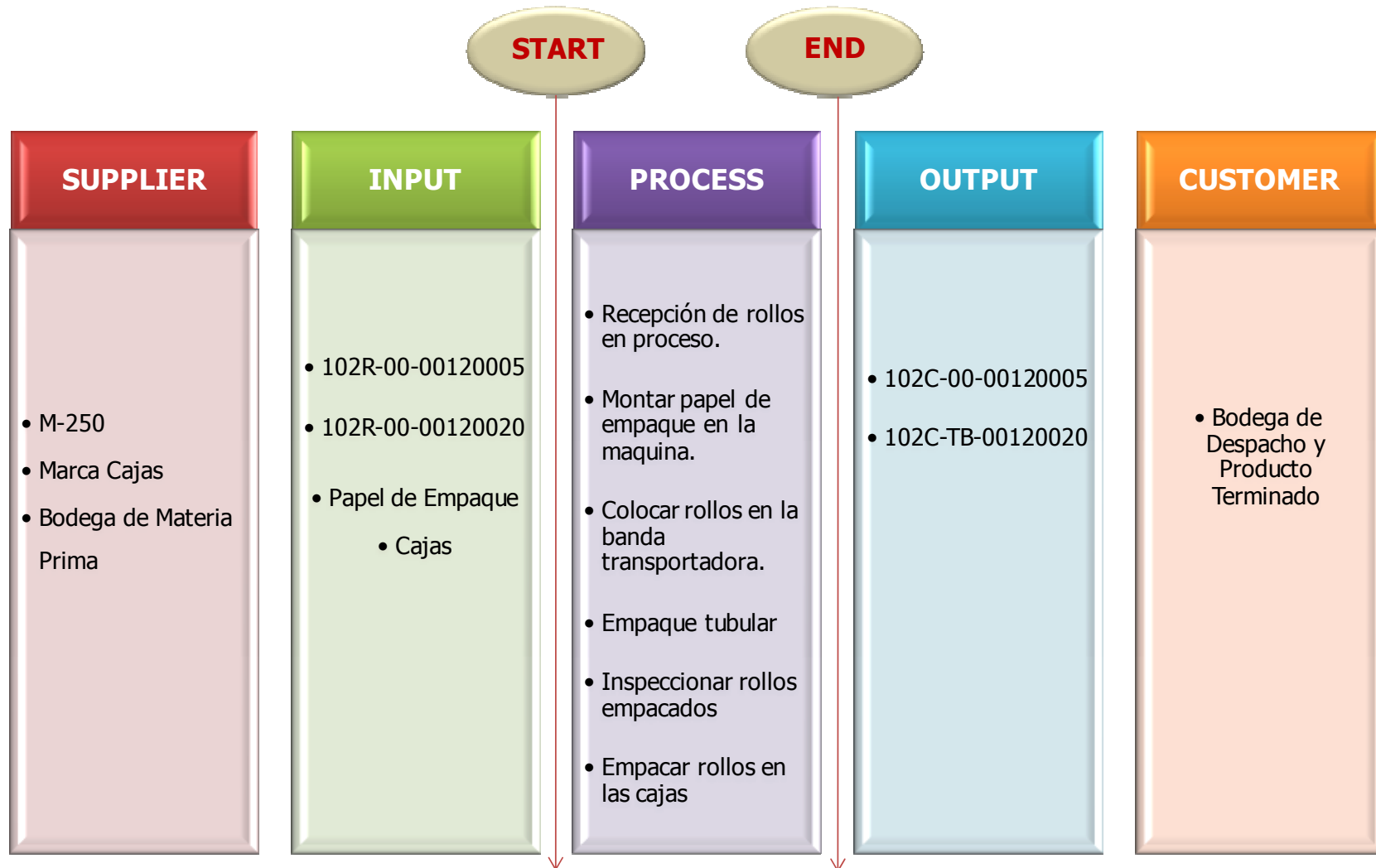
**SIPOC PROCESO CORTE Y CONVERSION MAQUINA NGR-350**



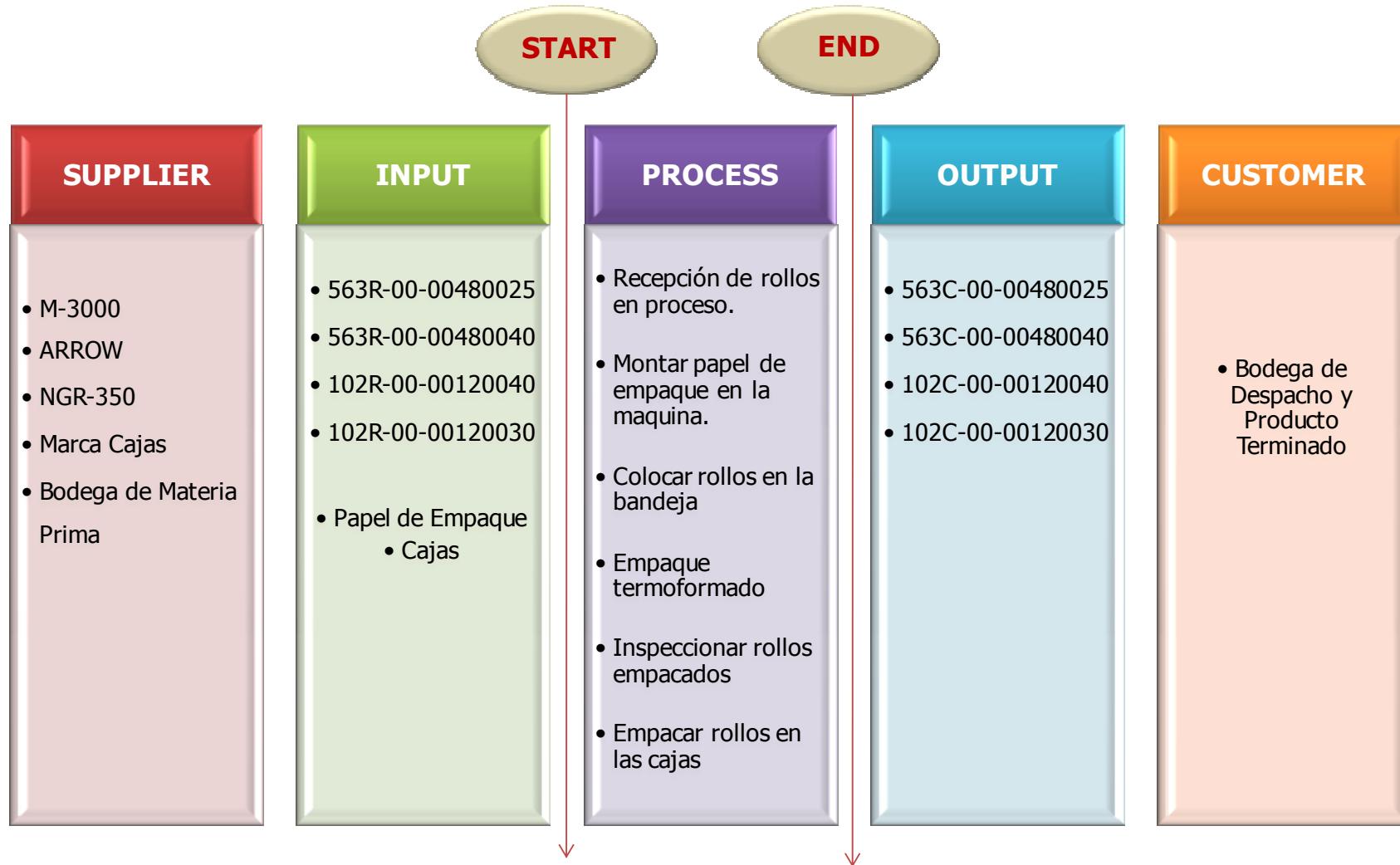
**SIPOC PROCESO CORTE Y CONVERSION MAQUINA FLOW PACK**



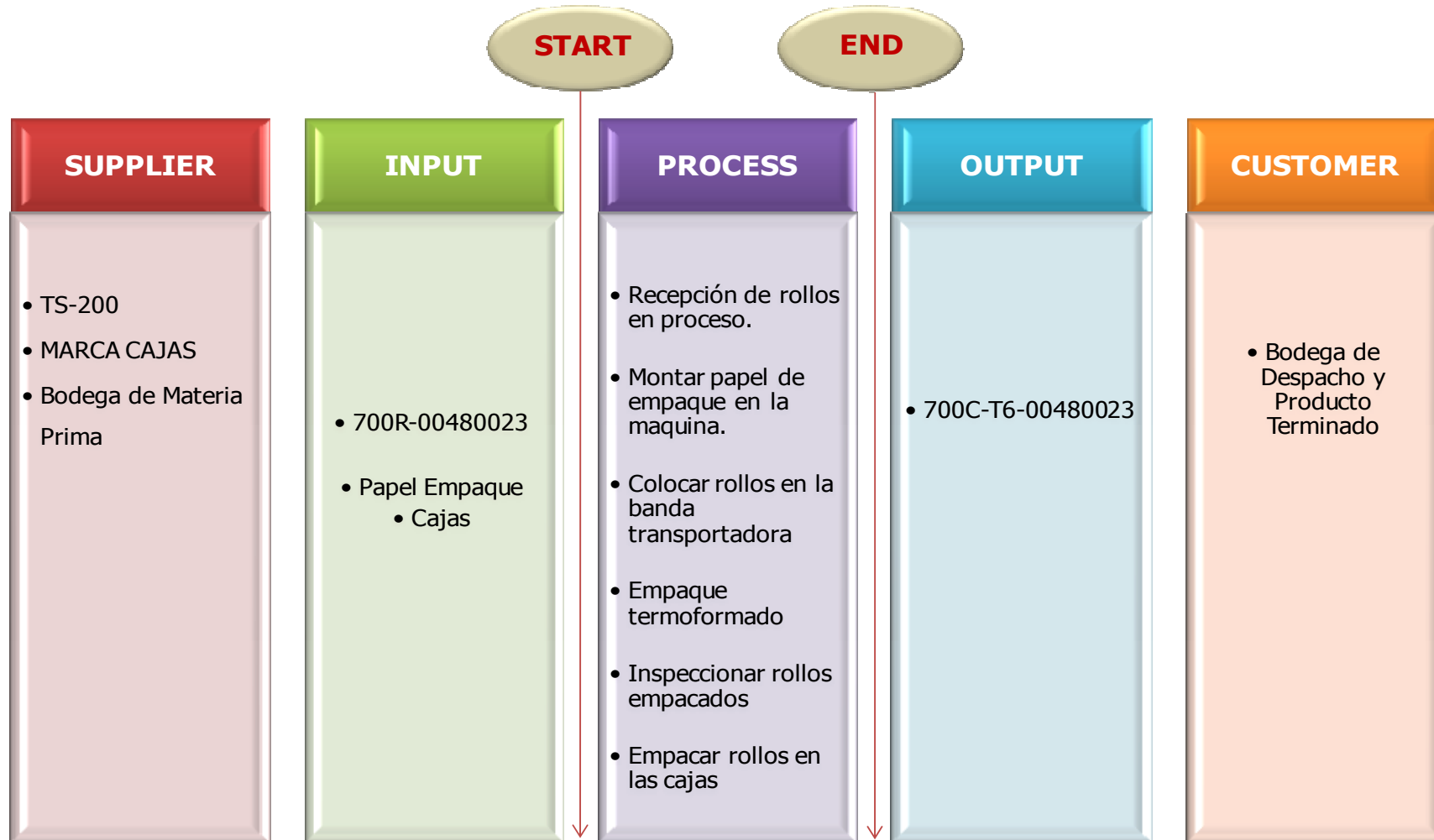
**SIPOC PROCESO CORTE Y CONVERSION MAQUINA FUNG YUAN**



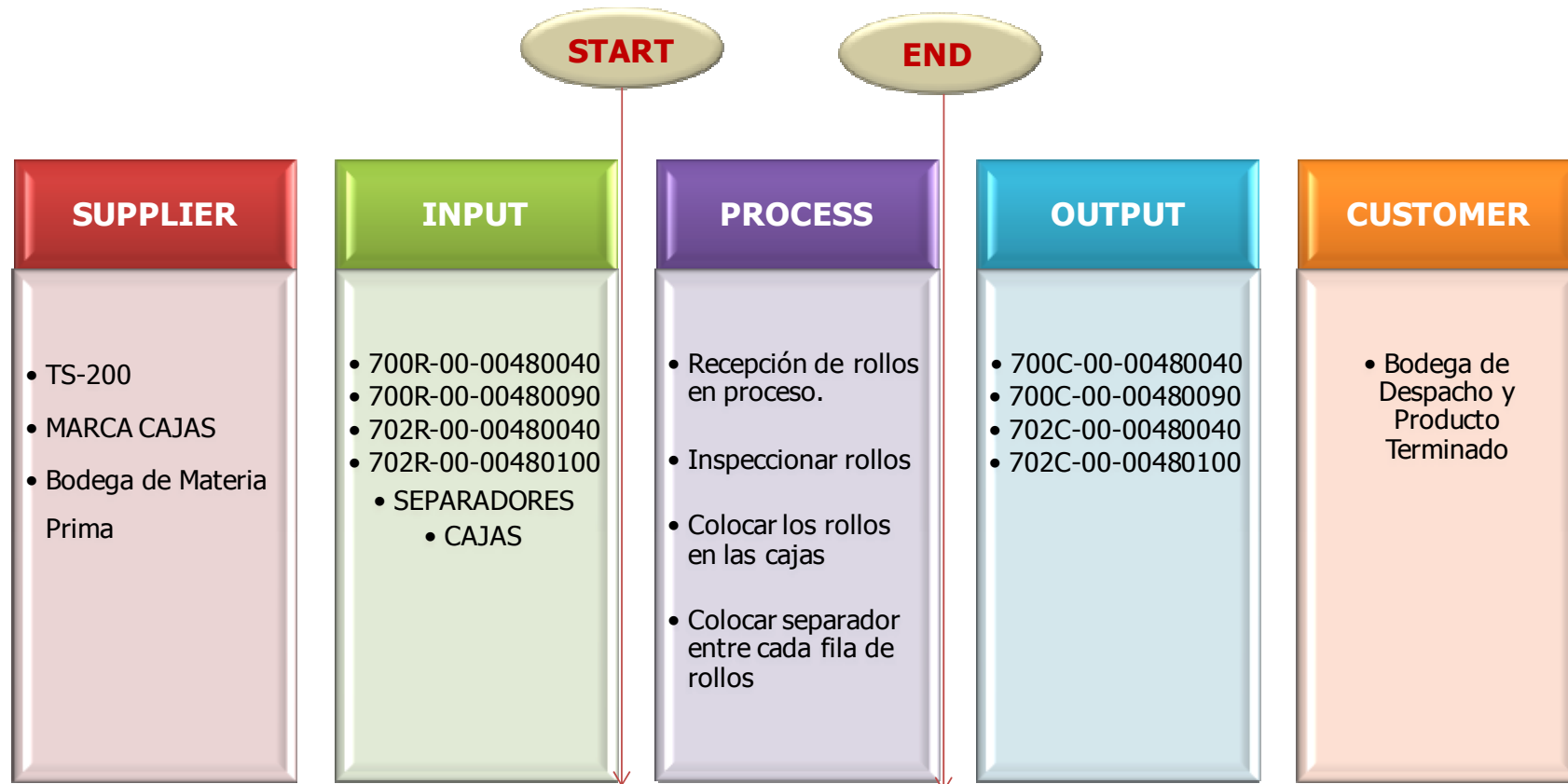
**SIPOC PROCESO CORTE Y CONVERSION MAQUINA LGR-350**



**SIPOC PROCESO CORTE Y CONVERSION MAQUINA BERRETTI**



**SIPOC PROCESO CORTE Y CONVERSION EMPAQUE DIRECTO**





El propósito de realizar los diferentes cursogramas, diagramas y sipocs en este capítulo surgió por la necesidad de estudiar y conocer de manera clara y concisa el proceso productivo de una cinta adhesiva en la empresa Cellux Colombiana S.A., conociendo e identificando las actividades, la maquinaria, herramientas y equipos, la mano de obra, tiempos de producción entre otros aspectos que intervienen en dicho proceso, además, era primordial para poder realizar la planeación de la producción, ya que primero se debe conocer de manera detallada como se lleva a cabo el proceso productivo actualmente en ésta empresa.



#### **4. ANÁLISIS DE LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA ACTUAL DE CELLUX COLOMBIANA S.A.**

La planeación estratégica de toda empresa empieza con el buen manejo del tiempo, con la programación de lo que se hace todos los días y de todas las actividades que efectúan, esta se enfoca mucho en la planeación de la producción y básicamente se refiere a determinar el número de unidades que se van a producir en un período de tiempo, con el objetivo de prever, en forma global, cuáles son las necesidades de mano de obra, materia prima, maquinaria y equipo, que se requieren para el cumplimiento del plan.

Para la realización de una planeación de producción primero se deben realizar los denominados pronósticos de ventas estos estudian el comportamiento de la demanda de un producto ó parte de él, basados en datos ó registros de ventas ó compras pasados y juicios de eventos a futuro. El hecho de que estos sean a corto, mediano ó largo plazo depende de lo que con ellos se quiera obtener.

La razón de realizar los pronósticos en este capítulo radicó en que hasta el año 2008 la planeación estratégica de la producción en la empresa Cellux Colombiana S.A. se realizaba fundamentándose en las demandas de las ventas del año inmediatamente anterior, a partir de las cuales se hacía un pronóstico para todo el año, así mismo se planeaba la cantidad de materia prima que se debía comprar y se hacía la programación del proceso productivo. Pero debido al recorte de personal actualmente no se cuenta con un gerente de producción que haga la planeación de la misma, en consecuencia, desde el mes de febrero del año que cursa, no se hacen pronósticos de fabricación lo que ha llevado a Cellux a planificar solo la producción en el día a día, basándose en los pedidos de los clientes que se ingresan cada día y de los pedidos pendientes que ya se tenían, (ver descripción del problema pp. 27-28) esto a su vez origina demoras en la entrega de pedidos por la escases de materia prima e insumos que aún se siguen presentando.

Para la realización de dicha validación se utilizó el programa Statgraphics Centurion IV, el cual es un software o paquete integrado para el análisis estadístico, con el que se puede realizar un completo análisis de datos, modelos estadísticos, diseño de experimentos, pronósticos y cuenta con más de 150 procedimientos estadísticos, se escogió esta herramienta debido a que es práctica y de fácil uso para la realización de los pronósticos.

A continuación de muestra paso a paso y de forma detallada el procedimiento de como se realizaron los pronósticos con el programa Statgraphic Centurion IV.


#### 4.1. PROCEDIMIENTO PARA REALIZACIÓN DE PRONÓSTICOS CON EL PROGRAMA STATGRAPHICS CENTURION IV.

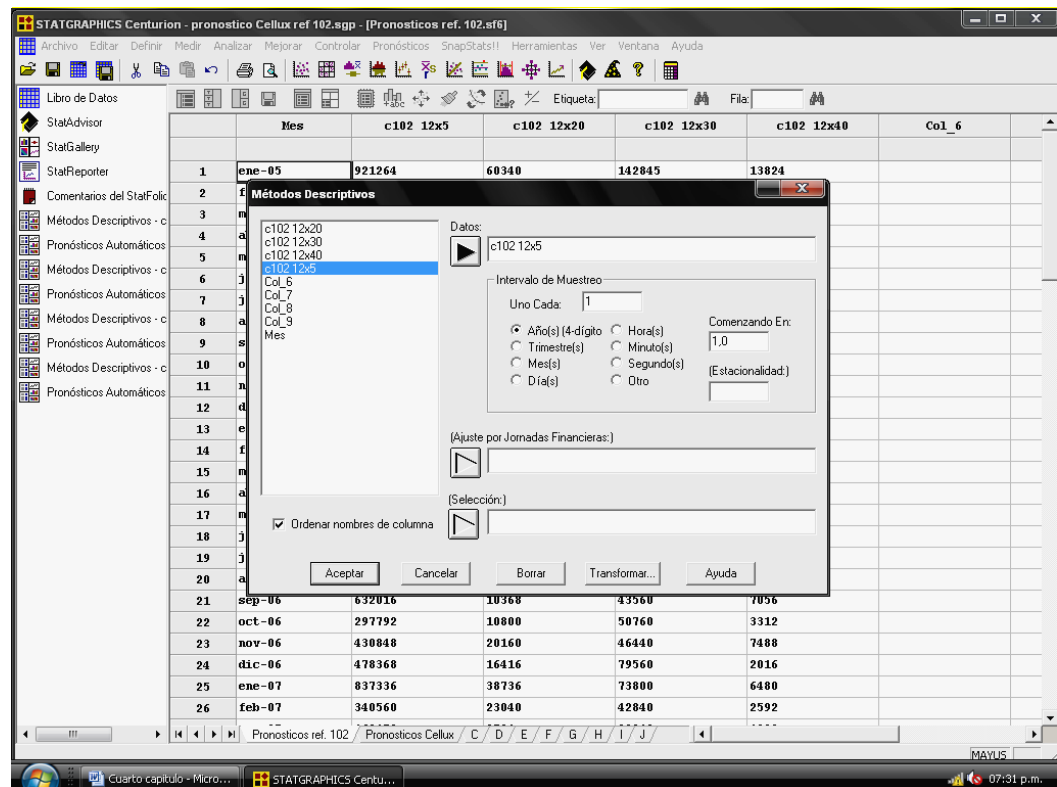
1. Se ingresaron los datos de la demanda desde el año 2005 hasta el 2009 en la ventana denominada libro de Datos.

	Mes	c102 12x5	c102 12x20	c102 12x30	c102 12x40	Col_6
1	ene-05	921264	60340	142845	13824	
2	feb-05	399428	36572	63360	5751	
3	mar-05	190080	21326	40155	12096	
4	abr-05	218592	12816	32706	3168	
5	may-05	199584	18720	27360	4896	
6	jun-05	152064	14976	21096	5616	
7	jul-05	299376	15840	50400	6912	
8	ago-05	297792	13968	56160	5184	
9	sep-05	393468	11232	32040	3168	
10	oct-05	621232	21312	55440	5040	
11	nov-05	555984	14400	59400	10944	
12	dic-05	511839	27504	79027	6048	
13	ene-06	548064	50112	115560	6912	
14	feb-06	114048	19584	20520	8064	
15	mar-06	217008	14688	25560	6048	
16	abr-06	186912	7632	30240	864	
17	may-06	152064	14976	21096	5616	
18	jun-06	186912	7632	30240	864	
19	jul-06	285120	14256	42072	2160	
20		313632	12960	49728	576	
21	sep-06	632016	10368	43560	7056	
22	oct-06	297792	10800	50760	3312	
23	nov-06	430848	20160	46440	7488	
24	dic-06	478368	16416	79560	2016	
25	ene-07	837336	38736	73800	6480	
26	feb-07	340560	23840	42840	2592	

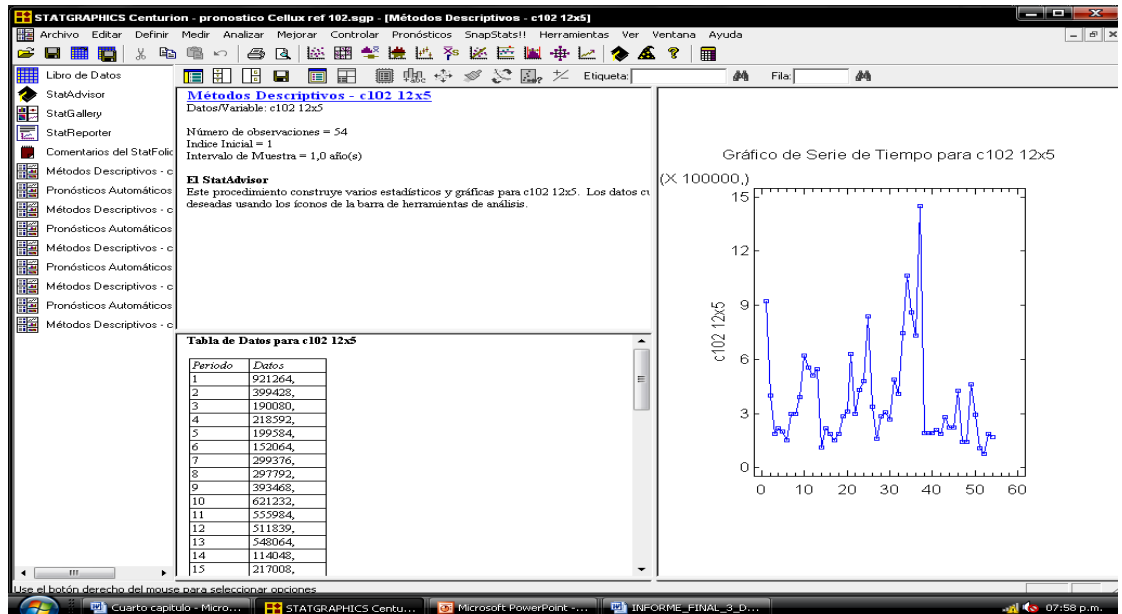
2. Se seleccionó la opción denominada **PRONÓSTICOS** que se encuentra en la barra de herramientas en la parte superior de la ventana y en esta se escogió la opción denominada **MÉTODOS DE SERIES DE TIEMPO DESCRIPTIVOS**.

	Mes	c102 12x30	c102 12x40	Col_6	
1	ene-05	921264	60340	142845	13824
2	feb-05	399428	36572	63360	5751
3	mar-05	190080	21326	40155	12096
4	abr-05	218592	12816	32706	3168
5	may-05	199584	18720	27360	4896
6	jun-05	152064	14976	21096	5616
7	jul-05	299376	15840	50400	6912
8	ago-05	297792	13968	56160	5184
9	sep-05	393468	11232	32040	3168
10	oct-05	621232	21312	55440	5040
11	nov-05	555984	14400	59400	10944
12	dic-05	511839	27504	79027	6048
13	ene-06	548064	50112	115560	6912
14	feb-06	114048	19584	20520	8064
15	mar-06	217008	14688	25560	6048
16	abr-06	186912	7632	30240	864
17	may-06	152064	14976	21096	5616
18	jun-06	186912	7632	30240	864
19	jul-06	285120	14256	42072	2160
20		313632	12960	49728	576
21	sep-06	632016	10368	43560	7056
22	oct-06	297792	10800	50760	3312
23	nov-06	430848	20160	46440	7488
24	dic-06	478368	16416	79560	2016
25	ene-07	837336	38736	73800	6480
26	feb-07	340560	23840	42840	2592

3. Después de seleccionada la opción **MÉTODOS DE SERIES DE TIEMPO DESCRIPTIVOS** apareció una ventana cuyo nombre es **Métodos Descriptivos** y se seleccionó la columna con el nombre de la referencia a realizar el pronóstico se hizo click en la flecha  que se encuentra debajo de datos donde apareció el nombre de la referencia, luego se escogió el intervalo de muestreo en años y click en el botón aceptar.




4. Acto seguido apareció una ventana denominada **Método Descriptivo con el nombre de la columna**, en este caso fue el **Método Descriptivo c 102 12x5**, en ella se mostró el número de observaciones y la tabla de datos, pero solo de la columna a pronosticar, para este caso fue la **demanda de la ref. c 102 12x5** y el gráfico de la demanda que se denominó **Gráficos de Serie de Tiempo c 102 12x5**, en el evento que se desee cambiar el nombre del gráfico este tiene unas opciones para hacerlo al igual que el tipo y el tamaño de letra para una mejor presentación.

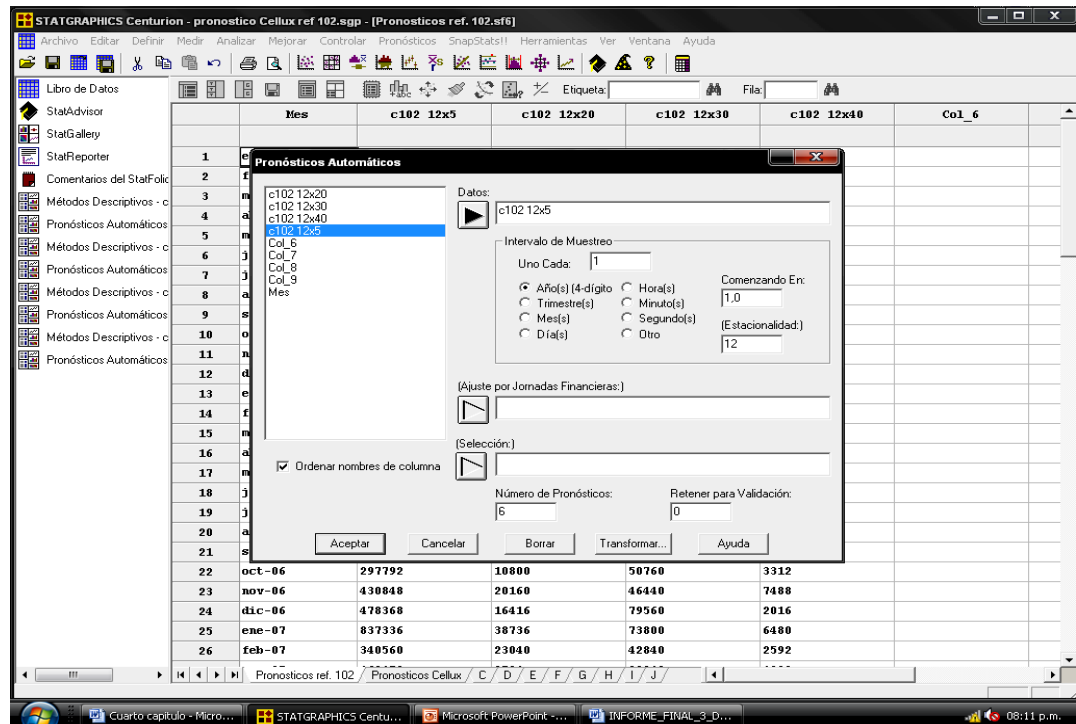


5. Para la realización de los pronósticos como tal y efectuar la elección del método más indicado para la referencia correspondiente se seleccionó nuevamente la opción **PRONÓSTICOS** de la barra de herramientas y se eligió la opción **Selección Automática del Modelo**.

**Pronósticos**

	Mes				
1	ene-05	921264	60340	142845	13824
2	feb-05	399428	36572	63360	5751
3	mar-05	190080	21326	40155	12096
4	abr-05	218592	12816	32786	3168
5	may-05	199584	18720	27360	4896
6	jun-05	152064	14976	21096	5616
7	jul-05	299376	15840	50400	6912
8	ago-05	297792	13968	56160	5184
9	sep-05	393468	11232	32040	3168
10	oct-05	621232	21312	55440	5040
11	nov-05	555984	14400	59400	10944
12	dic-05	511839	27504	79027	6048
13	ene-06	548064	50112	115560	6912
14	feb-06	114048	19584	20520	8064
15	mar-06	217008	14688	25560	6048
16	abr-06	186912	7632	30240	864
17	may-06	152064	14976	21096	5616
18	jun-06	186912	7632	30240	864
19	jul-06	285120	14256	42072	2160
20	ago-06	313632	12960	49728	576
21	sep-06	632016	10368	43560	7056
22	oct-06	297792	10800	50760	3312
23	nov-06	430848	20160	46440	7488
24	dic-06	478368	16416	79560	2016
25	ene-07	837336	38736	73800	6480
26	feb-07	340560	23040	42840	2592

6. Estando en la **Selección Automática del Modelo** aparece una nueva ventana con el nombre de **Pronósticos Automáticos**, se selecciona la columna con el nombre de la referencia a realizar el pronóstico y se le da click en la flecha  que se encuentra debajo de datos, aparece entonces el nombre de la referencia y se escoge el intervalo de muestreo en años, se coloca la estacionalidad que se presenta, se ubica el número de pronósticos que se requiera, que en este caso fueron seis (6) y luego click en el botón aceptar.



7. Posteriormente aparece la ventana denominada **Pronósticos Automáticos c 102 12x5** en esta se encuentra la comparación de los diferentes modelos, es decir, se muestran todos los modelos de pronósticos posibles pero se comienzan a descartar los que no generan la mejor opción quedando el más adecuado, ya sea porque en la tabla de resumen se tiene el  $RMSE = \text{Root Mean Squared Error}$  (Raíz del Cuadrado Medio del Error), o porque al realizarse cinco pruebas este pasa tres, cuatro o las cinco pruebas. A continuación se encuentran los datos generales que se utilizan para elegir el método de pronóstico (Suavización exponencial simple, Suavización exp. De Brown, Suavización exp. De Holt, Suavización exp. Cuadrática de Brown, Suavización exp. de Winter) más adecuado

**Datos generales de las tablas de pronóstico:**

- Número de observaciones = 54
- Índice Inicial = 1
- Intervalo de Muestra = 1 Año
- Los errores de pronóstico se denominan con las siguientes siglas:

- La raíz del error cuadrado medio (RMSE)
- El error absoluto medio (MAE)
- El porcentaje de error absoluto medio (MAPE)
- El error medio (ME)
- El porcentaje de error medio (MPE)

Los primeros tres errores miden la magnitud de los errores. Los últimos dos estadísticos miden el bias (ver pp. 58).

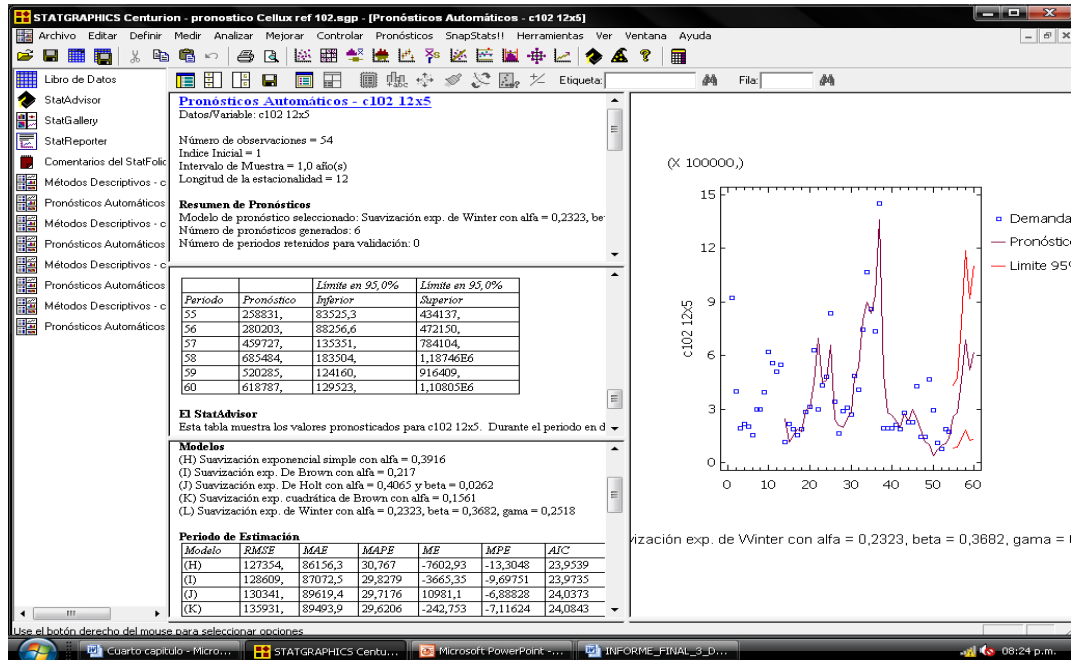
- Realización pruebas de corridas ( ver pp. 61) las cuales utilizan las siguientes siglas en las tablas de cálculo:
- **RMSE** = Root Mean Squared Error (Raíz del Cuadrado Medio del Error)
  - **RUNS** = Prueba corridas excesivas arriba y abajo
  - **RUNM** = Prueba corridas excesivas arriba y abajo de la mediana
  - **AUTO** = Prueba de Box-Pierce para auto correlación excesiva
  - **MEDIA** = Prueba para diferencia en medias entre la 1ª mitad y la 2ª mitad
  - **VAR** = Prueba para diferencia en varianza entre la 1ª mitad y la 2ª mitad
  - **OK** = no significativo ( $p \geq 0,05$ )
    - \* = marginalmente significativo ( $0,01 < p \leq 0,05$ )
    - \*\* = significativo ( $0,001 < p \leq 0,01$ )
    - \*\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,001$ )

Las tablas generadas resume los resultados de cinco pruebas para determinar si cada modelo es adecuado para los datos. Un OK significa que el modelo pasa la prueba. Un \*significa que no pasa la prueba al nivel de confianza del 95%. Dos \*'s significa que no pasa la prueba al nivel de confianza del 99%. Tres \*'s significa que no pasa la prueba al nivel de confianza del 99,9%.

Además se encuentra una ventana (ver pronósticos automáticos c102 12x5 pp. 95) donde después de haberse escogido el método de pronóstico más adecuado (Suavización exponencial simple, Suavización exp. De Brown, Suavización exp. De Holt, Suavización exp. Cuadrática de Brown, Suavización exp. de Winter), se encuentra una tabla (ver tabla 3. pp 96) que muestra los valores pronosticados para cada referencia, en este caso como se había dicho anteriormente fueron seis (6).

Para los periodos de tiempo más allá de esta serie, se muestran los límites del 95% de predicción para los pronósticos. Estos límites muestran en donde podría estar el valor verdadero del dato al tiempo futuro seleccionado con 95% de confianza, asumiendo que el modelo ajustado es apropiado para los datos, por último se encuentra la gráfica 2 (ver pp.97) de los pronósticos calculados con el

método de pronóstico seleccionado (Suavización exponencial simple, Suavización exp. De Brown, Suavización exp. De Holt, Suavización exp. Cuadrática de Brown, Suavización exp. de Winter )



Después de explicado el procedimiento de la forma como se calcularon los pronósticos, a continuación se encuentran los resultados obtenidos de las diferentes referencias a pronosticar (102, 563, 700 y 702).

## 4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS PRONÓSTICOS

### ☞ Referencia 102 12x20

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 12

**Tabla 1. Valores Errores Estadísticos ref. 120 12x20**

Estadístico	Periodo de Estimación
<b>RMSE</b>	4263,99
<b>MAE</b>	2883,64
<b>MAPE</b>	25,0751
<b>ME</b>	267,804
<b>MPE</b>	-4,38379

Fuente: Reporte Statgraphics Centurion IV

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 102 12x20**

- (A) Suavización exponencial simple con alfa = 0,2846
- (B) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,1603
- (C) Suavización exp. De Holt con alfa = 0,1405 y beta = 0,110
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con alfa = 0,1146
- (E) Suavización exp. de Winter con alfa = 0,2658, beta = 0,0005, gama = 0,296

**Tabla 2. Cálculos de los Período de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	4674,34	3262,52	30,8797	-1327,37	-17,7741	17,3441
(B)	4939,22	3240,96	28,2536	-731,385	-9,74194	17,4544
<b>(C)</b>	<b>4263,99</b>	<b>2883,64</b>	<b>25,0751</b>	<b>267,804</b>	<b>-4,38379</b>	<b>17,1974</b>
(D)	5162,54	3349,68	28,0622	-252,316	-5,83693	17,5428
(E)	33821,8	23032,5	237,413	3739,77	17,6301	20,9688

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(A)	4674,34	OK	OK	OK	OK	*
(B)	4939,22	OK	OK	OK	OK	**
<b>(C)</b>	<b>4263,99</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>*</b>
(D)	5162,54	OK	OK	OK	OK	**
(E)	33821,8	OK	OK	OK	*	*

Fuente: Reporte Statgraphics Centurion IV

**Tabla 3. Pronósticos Ref. 102 12x20**

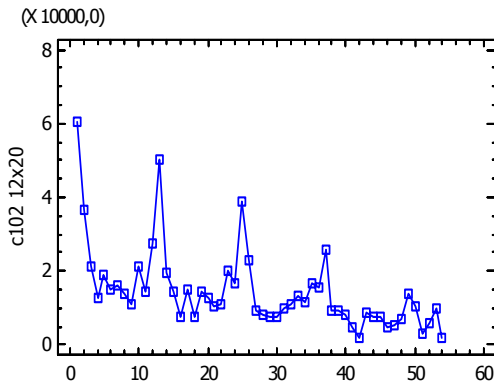
Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	5157,48	-2402,4	12717,4
56	4930,18	-2664,27	12524,6
57	4737,28	-2959,1	12433,7
58	4660,22	-3355,16	12675,6
59	5438,89	-4503,27	15381,0
60	6008,99	-5711,97	17730,0

Fuente: Reporte Statgraphics Centurion IV

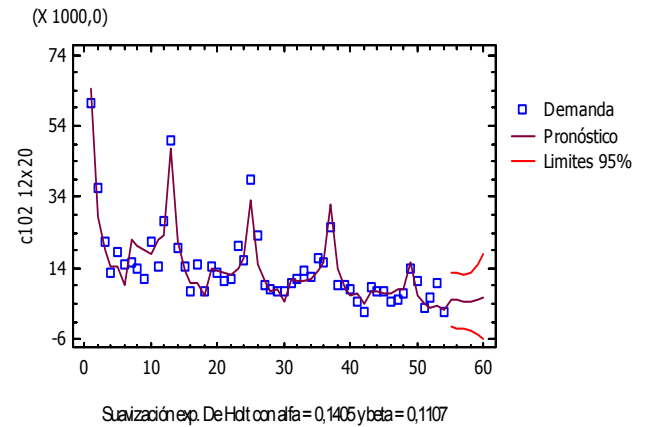
Modelo de pronóstico seleccionado Suavización exponencial de Holt con dos parametros Alfa ( $\alpha$ )= 0,1405 Beta ( $\beta$ ) = 0,1107 referenciado con la Letra C en las tablas 2. Para la explicación de la elección de este modelo y el calculo de los pronósticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93)



**Gráfico 1. Demanda Ref. 102 12x20**



**Gráfico 2. Pronósticos Ref. 102 12x20**



Fuente: Statgraphics Centurion IV

**Referencia 102 12x30**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 12

**Tabla 4. Errores Estadísticos Ref. 102 12x30**

Estadístico	Periodo de Estimación
<b>RMSE</b>	20092,9
<b>MAE</b>	14164,7
<b>MAPE</b>	39,1468
<b>ME</b>	3150,28
<b>MPE</b>	-7,81716

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 102 12x30**

- (A) Suavización exponencial simple con  $\alpha = 0,0569$
- (B) Suavización exp. De Brown con  $\alpha = 0,0177$
- (C) Suavización exp. De Holt con  $\alpha = 0,1225$  y  $\beta = 0,1141$
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con  $\alpha = 0,0085$
- (E) Suavización exp. de Winter con  $\alpha = 0,2936$ ,  $\beta = 0,0001$ ,  $\gamma = 0,5095$

**Tablas 5. Cálculos de los Periodos de Estimación.**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	20437,3	13019,0	38,0095	-3689,15	-23,6794	20,2947
(B)	21004,7	13196,8	38,374	-3415,39	-23,4531	20,3494
(C)	19312,7	12515,2	35,3177	309,188	-13,15	20,2185
(D)	21201,1	13233,1	38,2901	-3081,85	-22,8292	20,3681
(E)	<b>20092,9</b>	<b>14164,7</b>	<b>39,1468</b>	<b>3150,28</b>	<b>-7,81716</b>	<b>19,9274</b>

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(A)	20437,3	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	21004,7	OK	OK	OK	OK	OK
(C)	19312,7	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	21201,1	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	<b>20092,9</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>

Fuentes: Reporte Statgraphic Centurion IV

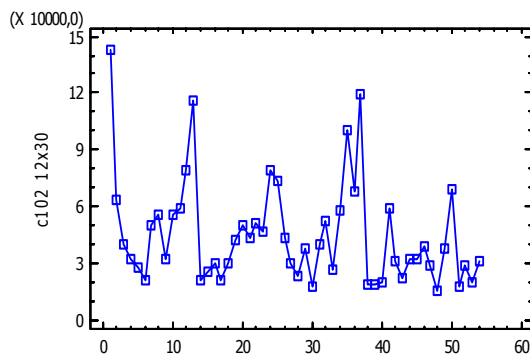
**Tabla 6. Pronósticos Ref. 102 12x30**

Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	27446,5	1989,27	52903,8
56	36796,9	-4090,85	77684,6
57	28317,6	-8499,73	65135,0
58	40623,2	-20303,1	101550,
59	40469,8	-28935,2	109875,
60	31327,6	-29791,1	92446,3
55	27446,5	1989,27	52903,8

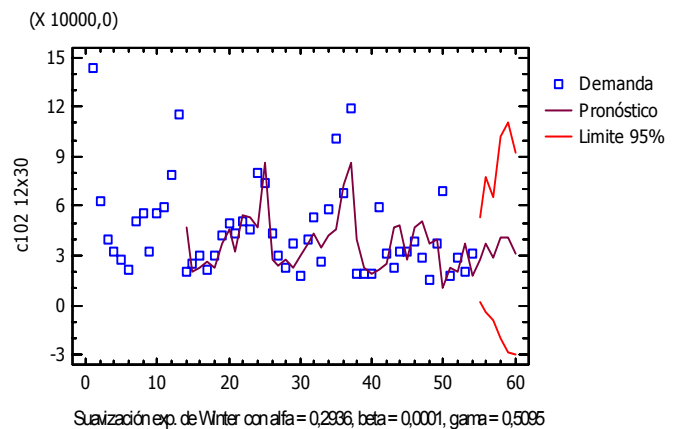
Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

Modelo de pronóstico seleccionado es el de Suavización exponencial de Winter con tres parametros  $\alpha = 0,2936$ ,  $\beta = 0,1001$ ,  $\gamma = 0,5095$  identificado con la Letra E en las tablas 5 . Para la explicacion de la eleccion de este modelo y el cálculo de los pronósticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93)

**Gráficos 3. Demanda ref. 102 12x30**



**Gráfico 4. Pronósticos Ref. 102 12x30**



Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

☞ **Referencia 102 12x40**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 12

**Tabla 7. Errores Estadísticos Ref. 102 12x40**

Estadístico	Periodo de Estimación
<b>RMSE</b>	2683,14
<b>MAE</b>	1902,63
<b>MAPE</b>	89,9672
<b>ME</b>	194,746
<b>MPE</b>	-54,244

Fuente: Reporte Statgraphic Cneturion IV

**a) Comparación de los posibles modelos de pronóstico a utilizar Ref. 102 12x40**

- (A) Suavización exponencial simple con alfa = 0,1735
- (B) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,1141
- (C) Suavización exp. De Holt con alfa = 0,0779 y beta = 0,3474
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con alfa = 0,093
- (E) Suavización exp. de Winter con alfa = 0,0068, beta = 0,9999, gama = 0,1378

**Tablas 8. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
<b>(A)</b>	2899,63	1927,63	103,755	-549,517	-81,0941	16,3891
<b>(B)</b>	3067,8	2068,89	98,9358	-381,017	-68,6228	16,5019
<b>(C)</b>	<b>2683,14</b>	<b>1902,63</b>	<b>89,9672</b>	<b>194,746</b>	<b>-54,244</b>	<b>16,271</b>
<b>(D)</b>	3148,77	2203,12	98,7913	-190,906	-61,2092	16,554
<b>(E)</b>	20629,6	8022,09	245,823	7926,71	234,281	19,9801

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
<b>(A)</b>	2899,63	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(B)</b>	3067,8	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(C)</b>	2683,14	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(D)</b>	3148,77	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(E)</b>	20629,6	OK	*	OK	OK	***

Fuentes: Reporte Statgraphic Centurion IV

**Tabla 9. Pronósticos Ref. 102 12x40**

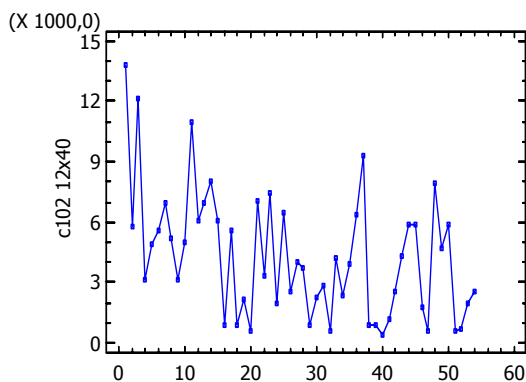
Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	3519,44	-989,596	8028,48
56	2787,21	-775,375	6349,79
57	5189,23	-1448,91	11827,4
58	2936,81	-836,862	6710,48

59	5318,47	-1574,38	12211,3
60	5957,72	-1864,09	13779,5

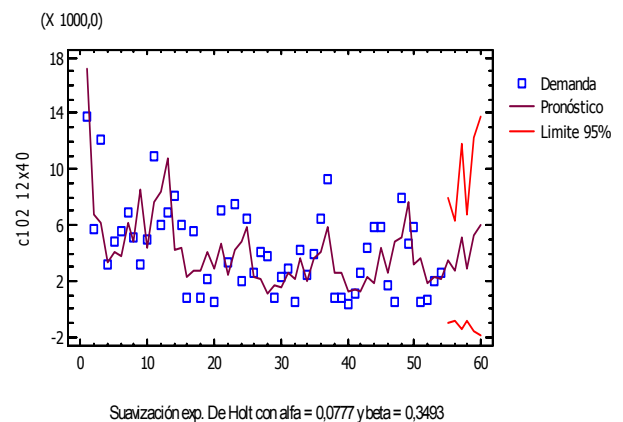
Fuentes: Reporte Statgraphic Centurion IV

Modelo de pronóstico seleccionado fue suavización exp. De Holt con alfa = 0,0779 y beta = 0,3474 identificado con la Letra C en la tabla 8. Para la explicación de la elección de este modelo y del cálculo de los pronósticos (ver Ítem 4.1. # 7 pp. 93)

**Gráfico 5. Demanda Ref. 102 12x40**



**Gráfico 6. Pronósticos Ref. 102 12x40**



Suavización exp. De Holt con alfa = 0,0777 y beta = 0,3493

Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Referencia 102 12x5**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 12

**Tabla 10. Errores Estadísticos Ref. 102 12x5**

Estadístico	Periodo de Estimación
<b>RMSE</b>	139074,
<b>MAE</b>	91577,1
<b>MAPE</b>	31,5723
<b>ME</b>	9794,02
<b>MPE</b>	-3,86674

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

**c) Comparación de los posibles Modelos de Pronostico a utilizar Ref. 102 12x5**

- (A) Suavización exponencial simple con alfa = 0,3916
- (B) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,2169
- (C) Suavización exp. De Holt con alfa = 0,4065 y beta = 0,0263
- (D) Suavización exp. Cuadrática de Brown con alfa = 0,1548
- (E) Suavización exp. de Winter con alfa = 0,2323, beta = 0,3683, gama = 0,2517

**Tablas 11. Cálculos de los periodo de estimación.**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	127354,	86156,3	30,767	-7602,93	-13,3048	23,9539
(B)	128535,	87087,8	29,8435	-3711,73	-9,72119	23,9724
(C)	130341,	89619,4	29,7176	10981,1	-6,88828	24,0373
(D)	134164,	89415,7	29,729	-1206,79	-7,53159	24,0581
(E)	<b>139086,</b>	<b>91572,9</b>	<b>31,5733</b>	<b>9820,95</b>	<b>-3,85685</b>	<b>23,7968</b>

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(A)	127354,	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	128535,	OK	OK	OK	OK	OK
(C)	130341,	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	134164,	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	<b>139086,</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>

Fuentes: Reporte Statgraphic Centurion IV

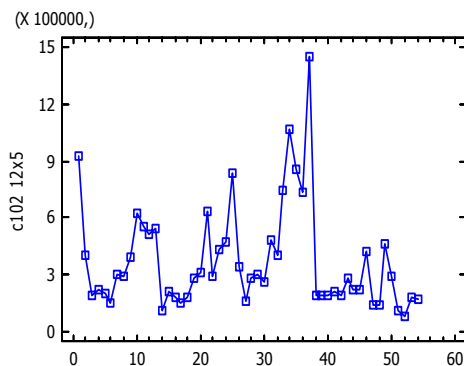
**Tabla 12. Pronósticos Ref. 102 12x5**

Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	258796,	83446,8	434145,
56	280225,	88227,6	472222,
57	459742,	135340,	784144,
58	685473,	183526,	1,18742E6
59	520424,	124242,	916607,
60	619137,	129684,	1,10859E6

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

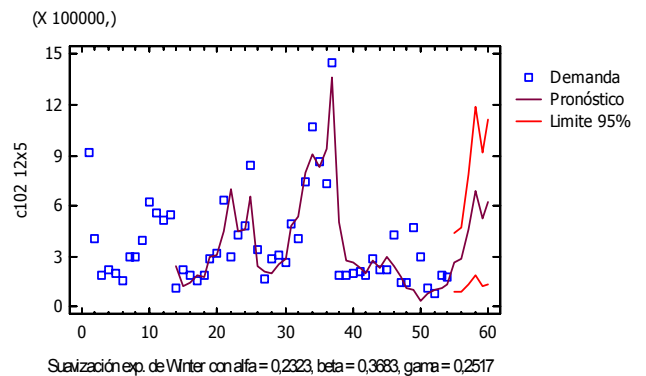
Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exp. de Winter con alfa = 0,2323, beta = 0,3683, gama = 0,2517 identificado con la Letra E en la tabla 11. Para la explicación de la elección de este modelo y del calculo de los pronósticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93)

**Gráficos 7. Demanda Ref 102 12x5**



Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Gráfico 8. Pronosticos Ref. 102 12x5**



☞ **Referencia 563 12x23**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 10

**Tabla 13. Errores Estadísticos Ref. 563 12x23**

Estadístico	Periodo de Estimación
RMSE	25950,1
MAE	18278,7
MAPE	
ME	-1226,57
MPE	

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

Nota: El MAPE y el MPE no se calcularon debido a que el valor más pequeño es menor o igual a 0.

a) **Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 563 12x23**

- (A) Suavización exponencial simple con alfa = 0,2029
- (B) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,1144
- (C) Suavización exp. De Holt con alfa = 0,0634 y beta = 0,3988
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con alfa = 0,0919

**Tablas 14. Cálculos de los Período de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
<b>(A)</b>	<b>25950,1</b>	<b>18278,7</b>		<b>-1226,57</b>		<b>20,6982</b>
<b>(B)</b>	26093,5	18282,0		-1143,53		20,7092
<b>(C)</b>	26074,3	18432,1		-4728,31		20,7448
<b>(D)</b>	26530,3	18014,0		-545,155		20,7425

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
<b>(A)</b>	<b>25950,1</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>
<b>(B)</b>	26093,5	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(C)</b>	26074,3	OK	OK	*	OK	OK
<b>(D)</b>	26530,3	OK	OK	OK	OK	OK

Fuente: Statgraphic Centurion IV

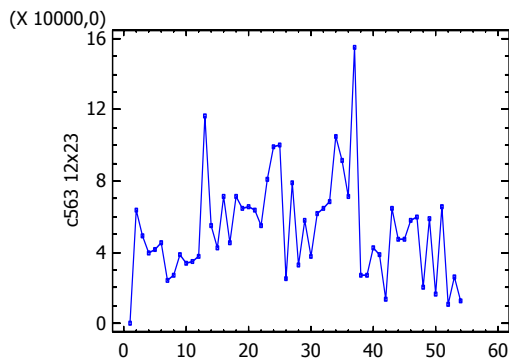
**Tabla 15. Pronósticos Ref. 563 12x23**

Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	37790,0	-17950,5	93530,5
56	33066,7	-16700,8	82834,2
57	40646,2	-21726,6	103019,
58	20996,2	-11830,1	53822,5
59	30915,7	-18296,8	80128,2
60	25051,8	-15525,0	65628,5

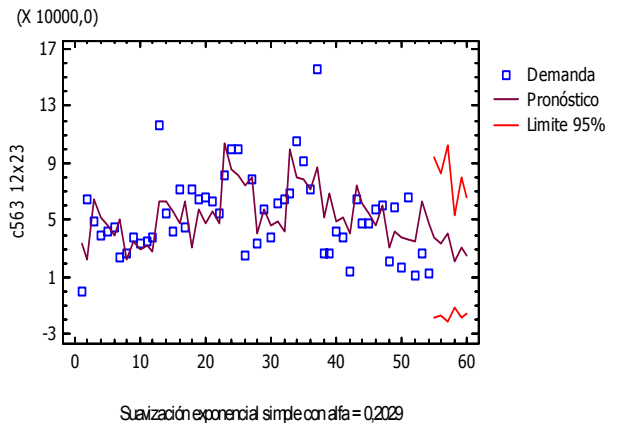
Fuente: Reporte Statgraphics Centurión IV

Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exponencial simple con alfa = 0,2029 identificado con la Letra A en la tabla 14. Para la explicación de la elección de este modelo y del cálculo de los pronósticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93).

**Gráfico 9. Demanda Ref. 563 12x23**



**Gráfico 10. Pronósticos Ref. 563 12x23**



Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Referencia 563 12x40**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 12

**Tabla 16. Errores Estadísticos Ref. 563 24x40**

Estadístico	Periodo de Estimación
<b>RMSE</b>	3427,13
<b>MAE</b>	2393,87
<b>MAPE</b>	47,6389
<b>ME</b>	432,24
<b>MPE</b>	-17,6289

Fuente: Statgraphic Centurion IV

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 563 12x40**

- (A) Suavización exponencial simple con alfa = 0,3357
- (B) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,0834
- (C) Suavización exp. De Holt con alfa = 0,1654 y beta = 0,0538
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con alfa = 0,047
- (E) Suavización exp. de Winter con alfa = 0,4272, beta = 0,0633, gama = 0,0738

**Tablas 17. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	4051,75	2777,71	61,5988	-416,267	-37,8025	17,0583
(B)	3957,15	2756,48	69,1815	-596,356	-48,5472	17,011
(C)	4007,4	2763,81	66,8171	-363,999	-43,7191	17,0733
(D)	3924,84	2726,72	70,6522	-667,309	-51,1755	16,9946
(E)	3427,13	2393,87	47,6389	432,24	-17,6289	16,3901

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(A)	4051,75	OK	OK	*	OK	OK
(B)	3957,15	OK	OK	***	OK	OK
(C)	4007,4	OK	OK	***	OK	OK
(D)	3924,84	OK	OK	***	OK	OK
(E)	3427,13	OK	OK	OK	OK	OK

Fuente: Statgraphic Centurion IV

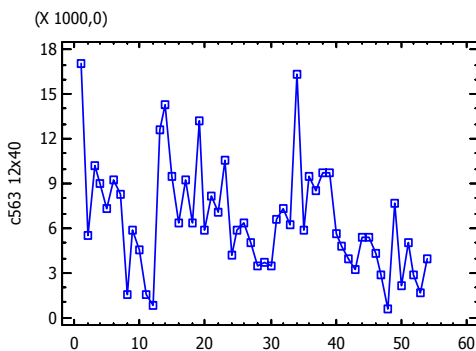
**Tabla 18. Pronósticos Ref. 563 12x40**

Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	3100,39	-3756,79	9957,57
56	2569,34	-4656,94	9795,61
57	2679,89	-6570,14	11929,9
58	2557,16	-8065,68	13180,0
59	2003,96	-7905,83	11913,7
60	1646,8	-7993,8	11287,4

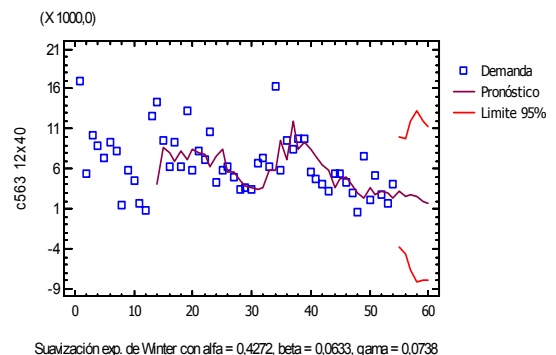
Fuente: Statgraphic Centurion IV

Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exp. De Winter con alfa = 0,4272, beta = 0,0633, gama = 0,0738 identificado con la Letra E en la tabla 17. Para la explicacion de la eleccion de este modelo y del calculo de los pronosticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93).

**Gráfico 11. Demanda Ref. 563 12x40**



**Gráfico 12. Pronósticos Ref. 563 12x40**



Fuente: Statgraphic Centurion IV



☞ **Referencia 563 18X23**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 12

**Tabla 19. Errores Estadísticos Ref. 563 12x23**

Estadístico	Periodo de Estimación
RMSE	21926,9
MAE	13915,1
MAPE	
ME	-1568,23
MPE	

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

Nota: El MAPE y el MPE no se calcularon debido a que el valor más pequeño es menor o igual a 0.

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 563 18x23**

- (A) Suavización exponencial simple con  $\alpha = 0,2089$
- (B) Suavización exp. De Brown con  $\alpha = 0,1172$
- (C) Suavización exp. De Holt con  $\alpha = 0,1126$  y  $\beta = 0,2422$
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con  $\alpha = 0,0931$

**Tablas 20. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
<b>(A)</b>	<b>21926,9</b>	<b>13915,1</b>		<b>-1568,23</b>		<b>20,4354</b>
<b>(B)</b>	22311,9	14501,6		-1542,31		20,4702
<b>(C)</b>	22520,7	14617,1		-4214,15		20,5259
<b>(D)</b>	22909,0	15104,7		-1098,58		20,523

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
<b>(A)</b>	<b>21926,9</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>
<b>(B)</b>	22311,9	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(C)</b>	22520,7	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(D)</b>	22909,0	OK	OK	OK	OK	OK

Fuente: Statgraphic Centurion IV

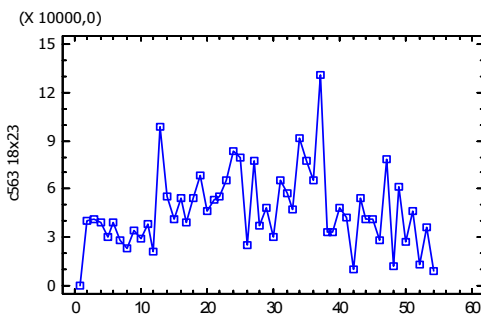
**Tabla 21. Pronósticos Ref. 563 18x23**

Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	35596,8	-5186,1	76379,7
56	27471,6	-4681,76	59624,9
57	29445,2	-5731,25	64621,6
58	32425,9	-7081,15	71932,9
59	44832,8	-10834,5	100500,
60	28242,1	-7470,6	63954,7

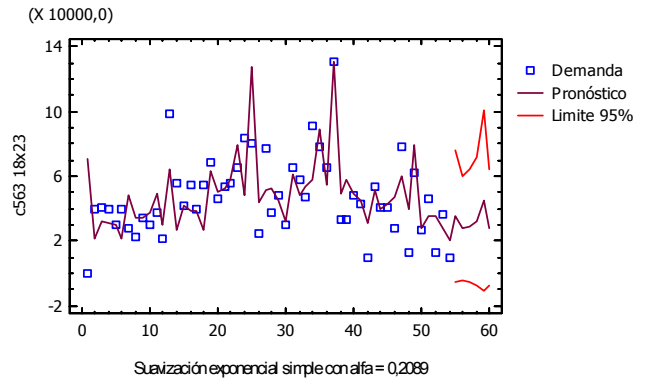
Fuente: Statgraphic Centurion IV

Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exponencial simple con alfa = 0,2089 identificado con la Letra A en la tabla 20. Para la explicación de la elección de este modelo y del cálculo de los pronósticos (ver ítem 4.1. # 7 pp. 93)

**Gráfico 13. Demanda Ref. 563 18x23**



**Gráfico 14. Pronóstico Ref. 563 18x23**



Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Referencia 563 18X40**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 10

**Tabla 22. Errores Estadísticos Ref. 563 18x40**

Estadístico	Periodo de Estimación
RMSE	2444,27
MAE	1777,52
MAPE	49,2267
ME	447,066
MPE	-15,3886

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 563 18x40**

- (A) Suavización exponencial simple con alfa = 0,469
- (B) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,1154
- (C) Suavización exp. De Holt con alfa = 0,4738 y beta = 0,0001
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con alfa = 0,0607
- (E) Suavización exp. de Winter con alfa = 0,4621, beta = 0,0565, gama = 0,1712

**Tablas 23. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
<b>(A)</b>	3432,28	2054,34	69,5108	-532,647	-45,8747	16,6523
<b>(B)</b>	3347,94	2314,79	83,5298	-644,259	-58,6301	16,6026

<b>(C)</b>	3394,56	1990,14	61,0552	30,6624	-28,2045	16,6673
<b>(D)</b>	3238,21	2282,76	85,8477	-584,701	-61,1298	16,5359
<b>(E)</b>	<b>2444,27</b>	<b>1777,52</b>	<b>49,2267</b>	<b>447,066</b>	<b>-15,3886</b>	<b>15,7141</b>

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
<b>(A)</b>	3432,28	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(B)</b>	3347,94	OK	**	**	OK	OK
<b>(C)</b>	3394,56	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(D)</b>	3238,21	OK	**	**	OK	OK
<b>(E)</b>	<b>2444,27</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>**</b>	<b>OK</b>

Fuente: Statgraphic Centurion IV

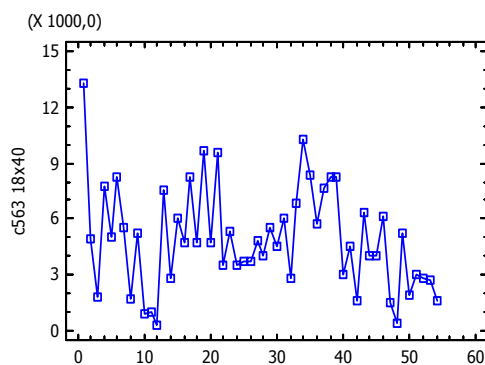
**Tabla 24. pronósticos Ref. 563 18x40**

Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	2171,47	-2757,6	7100,53
56	2063,68	-4095,96	8223,33
57	1680,68	-4668,36	8029,72
58	1087,61	-4020,7	6195,92
59	1852,12	-8892,35	12596,6
60	866,099	-5348,32	7080,51

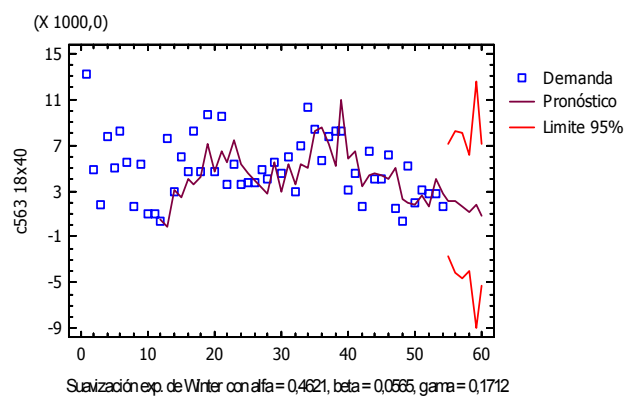
Fuente: Statgraphic Centurion IV

Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exp. de Winter con alfa = 0,4621, beta = 0,0565, gama = 0,1712 identificado con la Letra E en la tabla 23. Para la explicacion de la eleccion de este modelo y del calculo de los pronósticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93)

**Gráfico 15. Demanda Ref. 563 18x40**



**Gráfico 16. Pronósticos Ref. 563 18x40**



Fuente: Statgraphic Centurion IV

☞ **Referencia 563 24x23**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 12

**Tabla 25. Errores Estadísticos Ref. 563 24x23**

Estadístico	Periodo de Estimación
RMSE	18235,5
MAE	11326,4
MAPE	
ME	-636,318
MPE	

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

Nota: El MAPE y el MPE no se calcularon debido a que el valor más pequeño es menor o igual a 0.

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 563 24x23**

- (A) Suavización exponencial simple con alfa = 0,2022
- (B) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,1208
- (C) Suavización exp. De Holt con alfa = 0,1234 y beta = 0,2163
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con alfa = 0,0963

**Tablas 26. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
<b>(A)</b>	18235,5	11326,4		-636,318		20,0667
<b>(B)</b>	18581,9	11584,2		-939,419		20,1043
<b>(C)</b>	18572,5	11887,3		-3089,11		20,1404
<b>(D)</b>	19241,0	12156,5		-960,367		20,174

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
<b>(A)</b>	<b>18235,5</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>
<b>(B)</b>	18581,9	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(C)</b>	18572,5	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(D)</b>	19241,0	OK	OK	OK	OK	OK

Fuente: Statgraphic Centurion IV

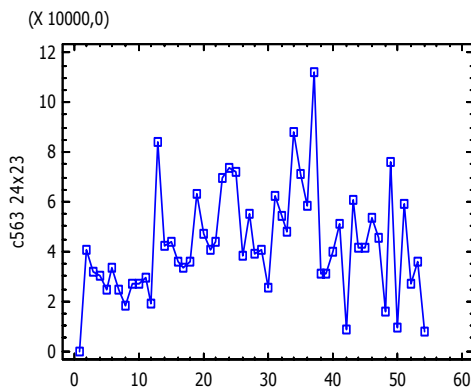
**Tabla 27. Pronósticos Ref. 563 24x23**

Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	41109,7	3552,91	78666,5
56	30772,5	2090,57	59454,4
57	31017,8	1544,92	60490,8
58	40605,5	1300,11	79910,8
59	41167,6	598,974	81736,3
60	30697,3	-80,2564	61474,9

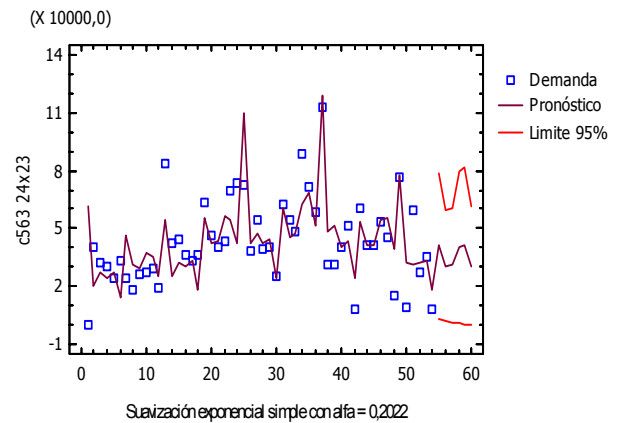
Fuente: Statgraphic Centurion IV

Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exponencial simple con alfa = 0,2022 identificado con la Letra A en la tabla 26. Para la explicación de la elección de este modelo y del cálculo de los pronósticos (ver Ítem 4.1. # 7 pp. 93).

**Gráfico 17. Demanda Ref. 563 24x23**



**Gráfico 18. Pronósticos Ref. 563 24x23**



Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Referencia 563 24X40**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 9

**Tabla 28. Errores Estadísticos Ref. 563 24x40**

Estadístico	Periodo de Estimación
RMSE	3261,26
MAE	2448,58
MAPE	
ME	-379,541
MPE	

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

Nota: El MAPE y el MPE no se calcularon debido a que el valor más pequeño es menor o igual a 0.

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 563 24x40**

**Modelos Posibles**

- (A) Suavización exponencial simple con alfa = 0,4167
- (B) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,1136
- (C) Suavización exp. De Holt con alfa = 0,4293 y beta = 0,038
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con alfa = 0,0576

**Tablas 29. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
<b>(A)</b>	<b>3261,26</b>	<b>2448,58</b>		<b>-379,541</b>		<b>16,5131</b>
<b>(B)</b>	3434,05	2693,82		-511,668		16,6163
<b>(C)</b>	3333,51	2375,41		192,156		16,5939
<b>(D)</b>	3435,99	2683,84		-443,068		16,6175

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
<b>(A)</b>	<b>3261,26</b>	<b>OK</b>	<b>*</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>
<b>(B)</b>	3434,05	OK	*	*	OK	OK
<b>(C)</b>	3333,51	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(D)</b>	3435,99	OK	**	*	OK	OK

Fuente: Statgraphic Centurion IV

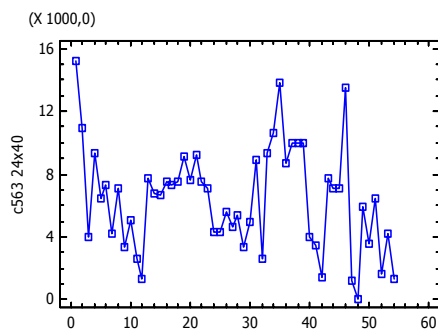
**Tabla 30. Pronósticos Ref. 563 24x40**

Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	3768,24	-5067,6	12604,1
56	1946,04	-2997,38	6889,45
57	1966,67	-3385,98	7319,32
58	3031,34	-5734,55	11797,2
59	2167,64	-4448,79	8784,06
60	2310,34	-5094,16	9714,84

Fuente: Statgraphic Centurion IV

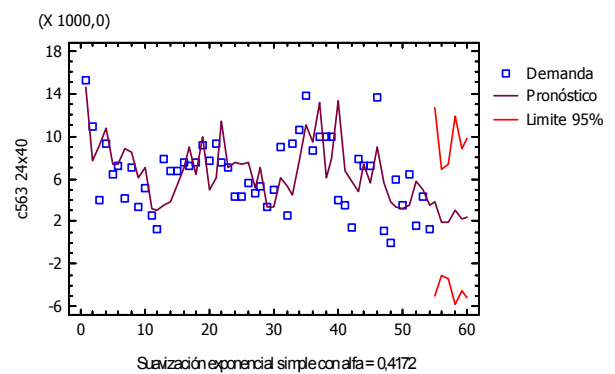
El modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exponencial simple con alfa = 0,4167 identificado con la Letra A en la tabla 29. Para la explicación de la elección de este modelo y del calculo de los pronósticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93).

**Gráfico 19. Demanda Ref. 563 24x40**



Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Gráfico 20. Pronósticos Ref. 563 24x40**



☞ **Referencia 563 48x25**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 12

**Tabla 31. Errores Estadísticos Ref. 563 48x25**

Estadístico	Periodo de Estimación
RMSE	2260,71
MAE	1611,69
MAPE	
ME	457,466
MPE	

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

Nota: El MAPE y el MPE no se calcularon debido a que el valor más pequeño es menor o igual a 0.

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 563 48x2**

- (A) Suavización exponencial simple con alfa = 0,1753
- (B) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,0961
- (C) Suavización exp. De Holt con alfa = 0,1453 y beta = 0,1137
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con alfa = 0,0819

**Tablas 32. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
<b>(A)</b>	<b>2260,71</b>	<b>1611,69</b>		<b>457,466</b>		<b>15,8913</b>
<b>(B)</b>	2308,58	1571,94		353,301		15,9332
<b>(C)</b>	2288,22	1525,62		-42,2577		15,9525
<b>(D)</b>	2377,53	1544,62		141,998		15,9921

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
<b>(A)</b>	<b>25950,1</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>
<b>(B)</b>	26093,5	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(C)</b>	26074,3	OK	OK	*	OK	OK
<b>(D)</b>	26530,3	OK	OK	OK	OK	OK

Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Tabla 33. Pronósticos Ref. 563 48x25**

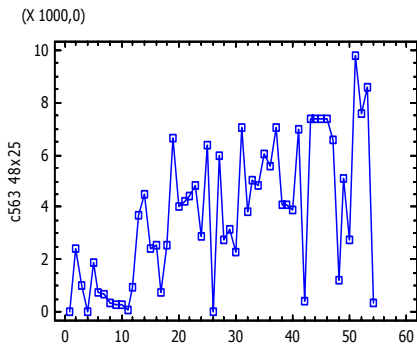
Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	8522,52	1965,11	15079,9
56	5578,54	1220,84	9936,23
57	5866,81	1216,11	10517,5
58	5641,44	1105,12	10177,8

59	5571,38	1028,81	10114,0
60	4126,13	716,21	7536,05

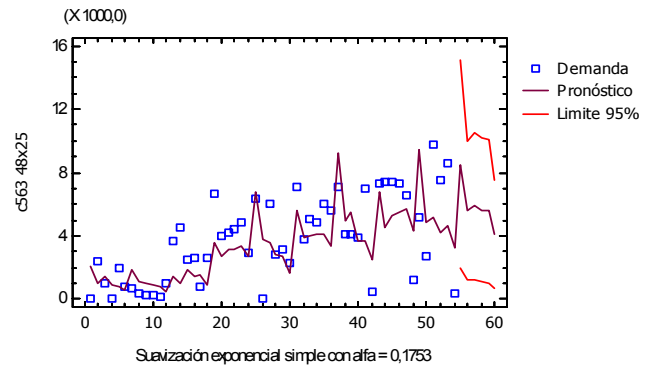
Fuente: Statgraphic Centurion IV

Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exponencial simple con alfa = 0,1753 identificado con la Letra A en la tabla 32. Para la explicación de la elección de este modelo y del cálculo de los pronósticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93).

**Gráfico 21. Demanda Ref. 563 48x25**



**Gráfico 22. Pronósticos Ref. 563 48x25**



Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Referencia 563 48X40**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 10

**Tabla 34. Errores Estadísticos Ref. 563 48X40**

Estadístico	Periodo de Estimación
RMSE	2089,1
MAE	1504,0
MAPE	
ME	-293,691
MPE	

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

Nota: El MAPE y el MPE no se calcularon debido a que el valor más pequeño es menor o igual a 0.

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 563 48X40**

- Suavización exponencial simple con alfa = 0,298
- Suavización exp. De Brown con alfa = 0,1224
- Suavización exp. De Holt con alfa = 0,2629 y beta = 0,055
- Suavización exp. cuadrática de Brown con alfa = 0,0814



**Tablas 35. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
<b>(A)</b>	<b>2089,1</b>	<b>1504,0</b>		<b>-293,691</b>		<b>15,6593</b>
<b>(B)</b>	2128,13	1535,34		-301,968		15,6964
<b>(C)</b>	2129,4	1528,6		-179,458		15,7346
<b>(D)</b>	2126,29	1543,26		-214,0		15,6946

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
<b>(A)</b>	<b>2089,1</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>
<b>(B)</b>	2128,13	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(C)</b>	2129,4	OK	OK	OK	OK	OK
<b>(D)</b>	2126,29	OK	OK	OK	OK	OK

Fuente: Statgraphic Centurion IV

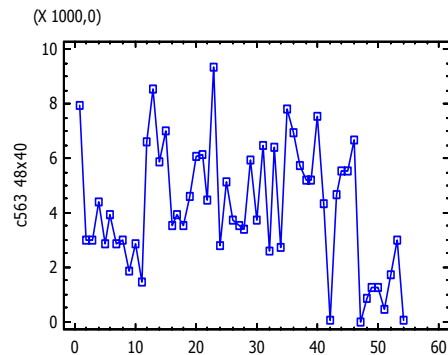
**Tabla 36. Pronósticos Ref. 563 48X40**

Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	1795,78	-3759,17	7350,74
56	1622,4	-3614,33	6859,13
57	900,643	-2122,65	3923,93
58	929,646	-2306,53	4165,82
59	1097,89	-2855,68	5051,46
60	1348,17	-3663,21	6359,55

Fuente: Statgraphic Centurion IV

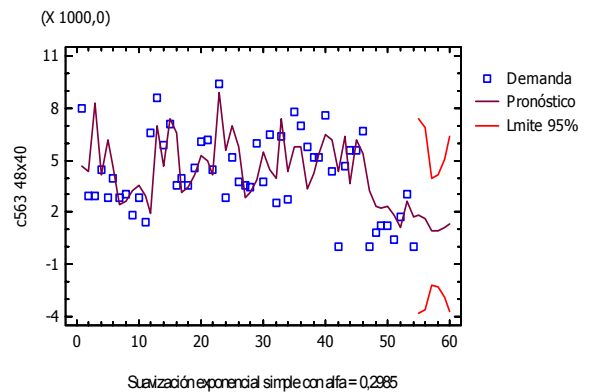
Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exponencial simple con alfa = 0,298 identificado con la Letra A en la tabla 36. Para la explicacion de la eleccion de este modelo y del calculo de los pronosticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93)

**Gráfico 23. Demanda Ref. 563 48X40**



Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Gráfico 24. Pronósticos Ref. 563 48X40**



☞ **Ref. 700 48x100**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 9

**Tabla 37. Errores Estadísticos Ref. 700 48x100**

Estadístico	Periodo de Estimación
RMSE	21134,8
MAE	11787,7
MAPE	
ME	-2596,68
MPE	

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

Nota: El MAPE y el MPE no se calcularon debido a que el valor más pequeño es menor o igual a 0.

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 700 48x100**

- (A) Suavización exponencial simple con alfa = 0,4291
- (B) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,1948
- (C) Suavización exp. De Holt con alfa = 0,4253 y beta = 0,0532
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con alfa = 0,1256

**Tablas 38. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
<b>(A)</b>	<b>21134,8</b>	<b>11787,7</b>		<b>-2596,68</b>		<b>20,2507</b>
<b>(B)</b>	21627,9	12119,1		-1934,73		20,2968
<b>(C)</b>	21008,9	11665,1		-788,683		20,2758
<b>(D)</b>	21868,3	12433,3		-1441,58		20,3189

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
<b>(A)</b>	<b>21134,8</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>*</b>
<b>(B)</b>	21627,9	OK	OK	OK	OK	*
<b>(C)</b>	21008,9	OK	OK	OK	OK	*
<b>(D)</b>	21868,3	OK	OK	OK	OK	*

Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Tabla 39. Pronósticos Ref. 700 48x100**

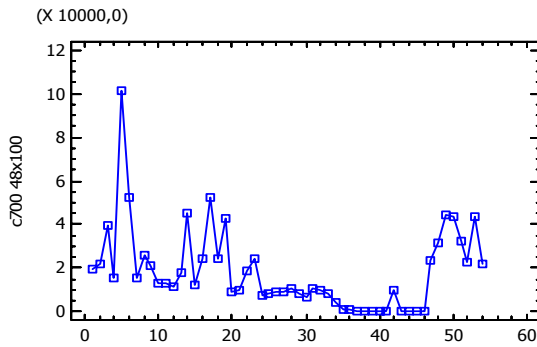
Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	30266,7	7156,99	53376,4
56	25848,6	4372,0	47325,2
57	25600,5	2736,02	48465,0
58	39574,4	1926,31	77222,6
59	63386,3	-390,573	127163,
60	103507,	-6020,1	213034,

Fuente: Statgraphic Centurion IV

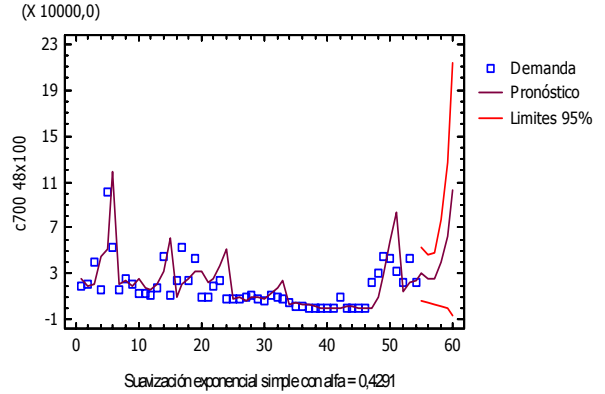
Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exponencial simple con alfa = 0,4291

identificado con la Letra A en la tabla 38. Para la explicación de la elección de este modelo y del cálculo de los pronósticos (ver Ítem 4.1. # 7 pp. 93).

**Gráfico 25. Demanda Ref. 700 48x100**



**Gráfico 26. Pronósticos Ref. 700 48x100**



Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Referencia 700 48x23**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 12

**Tabla 40. Errores Estadísticos Ref. 700 48x23**

Estadístico	Periodo de Estimación
RMSE	36842,6
MAE	25387,9
MAPE	50,4158
ME	2312,63
MPE	-29,6061

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 700 48x23**

- (A) Suavización exponencial simple con  $\alpha = 0,2139$
- (B) Suavización exp. De Brown con  $\alpha = 0,1007$
- (C) Suavización exp. De Holt con  $\alpha = 0,2254$  y  $\beta = 0,0337$
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con  $\alpha = 0,0607$
- (E) Suavización exp. de Winter con  $\alpha = 0,2891$ ,  $\beta = 0,1009$ ,  $\gamma = 0,2719$

**Tablas 41. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	39410,1	25583,8	40,7697	-5767,08	-26,5927	21,608
(B)	40171,9	26207,8	41,5281	-6083,53	-26,9792	21,6463

<b>(C)</b>	39948,5	25462,7	39,6022	-567,745	-21,1138	21,6722
<b>(D)</b>	40396,3	26573,5	42,0608	-5509,33	-27,0114	21,6574
<b>(E)</b>	<b>36842,6</b>	<b>25387,9</b>	<b>50,4158</b>	<b>2312,63</b>	<b>-29,6061</b>	<b>21,1399</b>

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
<b>(A)</b>	39410,1	OK	OK	*	OK	OK
<b>(B)</b>	40171,9	OK	OK	*	OK	OK
<b>(C)</b>	39948,5	OK	OK	*	OK	OK
<b>(D)</b>	40396,3	OK	OK	*	OK	OK
<b>(E)</b>	<b>36842,6</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>**</b>

Fuente: Statgraphic Centurion IV

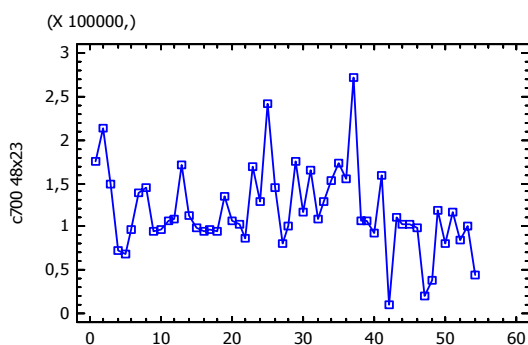
**Tabla 42. Pronósticos Ref. 700 48x23**

Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	94942,6	18872,7	171013,
56	81760,7	6222,13	157299,
57	78839,9	-3786,69	161466,
58	78260,8	-13647,9	170169,
59	67825,7	-20588,5	156240,
60	68982,6	-30074,1	168039,

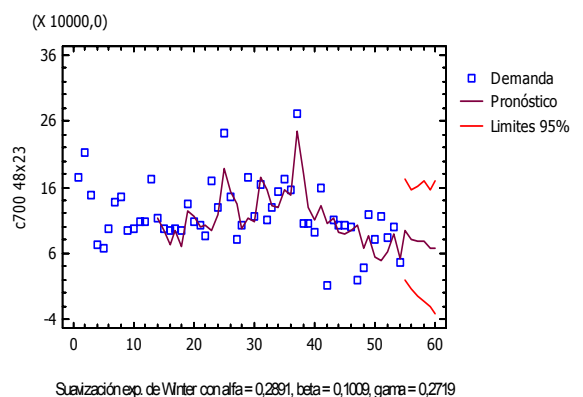
Fuente: Statgraphic Centurion IV

Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exp. de Winter con alfa = 0,2891, beta = 0,1009, gama = 0,2719 identificado con la Letra E en la tabla 41. Para la explicacion de la eleccion de este modelo y del calculo de los pronosticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93).

**Gráfico 27. Demanda Ref. 700 48x23**



**Gráfico 28. Pronósticos Ref. 700 48x23**



Fuente: Statgraphic Centurion IV

☞ **Referencia 700 48x40**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 6

**Tabla 43. Errores Estadísticos Ref. 700 48x40**

Estadístico	Periodo de Estimación
RMSE	4040,29
MAE	2663,1
MAPE	
ME	-234,436
MPE	

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

Nota: El MAPE y el MPE no se calcularon debido a que el valor más pequeño es menor o igual a 0.

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 700 48x40**

- (A) Suavización exponencial simple con  $\alpha = 0,6175$
- (B) Suavización exp. De Brown con  $\alpha = 0,2711$
- (C) Suavización exp. De Holt con  $\alpha = 0,5435$  y  $\beta = 0,0988$
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con  $\alpha = 0,1639$
- (L) Suavización exp. de Winter con  $\alpha = 0,1169$ ,  $\beta = 0,1175$ ,  $\gamma = 0,1143$

**Tablas 44. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	4040,29	2663,1		-234,436		16,8304
(B)	4381,18	2734,35		-213,621		16,9924
(C)	4004,54	2541,61		512,623		16,8496
(D)	4576,91	2800,25		-163,326		17,0798

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(A)	4040,29	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4381,18	OK	OK	OK	OK	OK
(C)	4004,54	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	4576,91	OK	OK	OK	OK	OK

Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Tabla 45. Pronósticos Ref. 700 48x40**

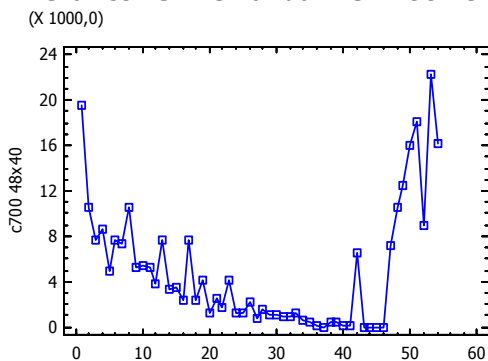
Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	11860,4	5809,19	17911,6
56	14397,8	5764,34	23031,2
57	11683,9	3769,66	19598,2
58	9811,92	2481,96	17141,9

59	15387,4	2911,87	27862,9
60	19910,1	2591,83	37228,3

Fuente: Statgraphic Centurion IV

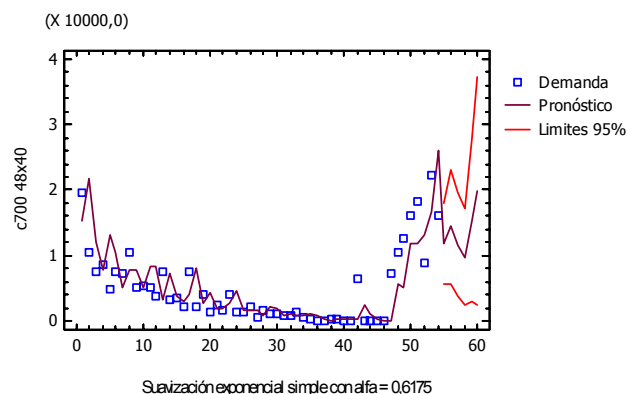
Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exponencial simple con alfa = 0,6175 identificado con la Letra E en la tabla 41. Para la explicación de la elección de este modelo y del cálculo de los pronósticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93).

**Gráfico 29. Demanda Ref. 700 48x40**



Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Gráfico 30. Pronósticos Ref. 700 48x40**



**Referencia 702 48x40**

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 4

**Tabla 46. Errores Estadísticos Ref. 702 48x40**

Estadístico	Periodo de Estimación
RMSE	3115,38
MAE	1821,9
MAPE	
ME	502,485
MPE	

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

Nota: El MAPE y el MPE no se calcularon debido a que el valor más pequeño es menor o igual a 0.

**a) Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 702 48x40**

- (A) Suavización exponencial simple con alfa = 0,3567
- (B) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,181
- (C) Suavización exp. De Holt con alfa = 0,150 8 y beta = 0,2986
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con alfa = 0,1289
- (L) Suavización exp. de Winter con alfa = 0,1, beta = 0,1, gama = 0,1

**Tablas 47. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	3499,69	2303,85		-505,418		16,469
(B)	3747,27	2386,91		-371,891		16,6057
(C)	<b>3115,38</b>	<b>1821,9</b>		<b>502,485</b>		<b>16,2734</b>
(D)	3889,71	2499,8		-288,679		16,6803

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(A)	3499,69	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	3747,27	OK	OK	OK	*	OK
(C)	<b>3115,38</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>
(D)	3889,71	OK	OK	OK	OK	OK

Fuente: Statgraphic Centurion IV

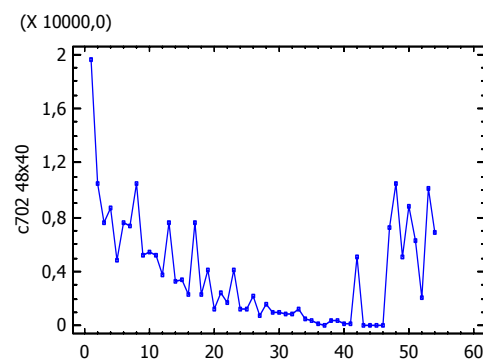
**Tabla 48. Pronósticos Ref. 702 48x40**

Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	13829,5	-12793,2	40452,3
56	11581,6	-11355,2	34518,5
57	16058,0	-16609,2	48725,1
58	18746,2	-20373,8	57866,2
59	13829,5	-15738,3	43397,4
60	11581,6	-13759,2	36922,5

Fuente: Statgraphic Centurion IV

Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exp. De Holt con alfa = 0,1508 y beta = 0,2986 identificado con la Letra C en la tabla 47. Para la explicacion de la eleccion de este modelo y del calculo de los pronosticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93).

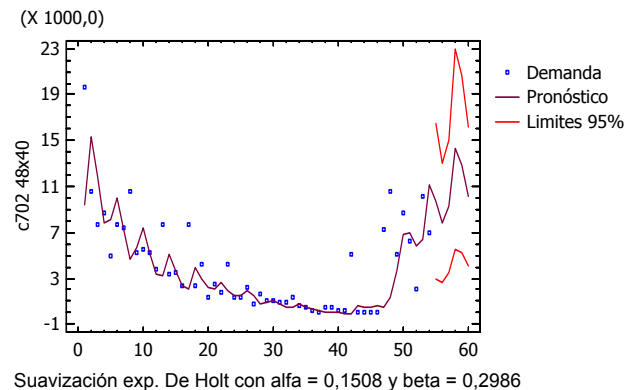
**Gráfico 31. Demanda Ref. 702 48x40**



Fuente: Statgraphic Centurion IV

📎 **Referencia 702 48x100**

**Gráfico 32. D Pronósticos Ref. 702 48x40**



Suavización exp. De Holt con alfa = 0,1508 y beta = 0,2986

- Número de pronósticos generados: 6
- Longitud de la estacionalidad = 4

**Tabla 49. Errores Estadísticos Ref. 702 48x100**

Estadístico	Periodo de Estimación
RMSE	15683,6
MAE	10228,5
MAPE	
ME	-1238,56
MPE	

Fuente: Reporte Statgraphic Centurion IV

Nota: El MAPE y el MPE no se calcularon debido a que el valor más pequeño es menor o igual a 0.

a) **Comparación de los posibles Modelos de Pronóstico a utilizar Ref. 702 48x100**

- (A) Suavización exponencial simple con  $\alpha = 0,2409$
- (B) Suavización exp. De Brown con  $\alpha = 0,1299$
- (C) Suavización exp. De Holt con  $\alpha = 0,2$  y  $\beta = 0,0511$
- (D) Suavización exp. cuadrática de Brown con  $\alpha = 0,0962$
- (L) Suavización exp. de Winter con  $\alpha = 0,0985$ ,  $\beta = 0,103$ ,  $\gamma = 0,1015$

**Tablas 50. Cálculos de los Periodo de Estimación**

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	19495,8	10228,5		-1238,56		19,4689
(B)	20803,0	10376,2		-284,352		19,5105
(C)	19331,7	9682,13		1877,54		19,552
(D)	21492,9	10617,0		661,6		19,5377

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(A)	19495,8	*	OK	OK	OK	***
(B)	20803,0	*	*	OK	OK	***
(C)	19331,7	OK	*	OK	OK	***
(D)	21492,9	*	*	OK	OK	***

Fuente: Statgraphic Centurion IV

**Tabla 51. Pronósticos Ref. 702 48x100**

Periodo	Pronóstico	Límite en 95% Inferior	Límite en 95% Superior
55	13820,8	-12801,9	40443,5
56	11574,3	-11358,9	34507,4
57	16047,8	-16609,5	48705,0
58	18734,3	-20368,7	57837,4



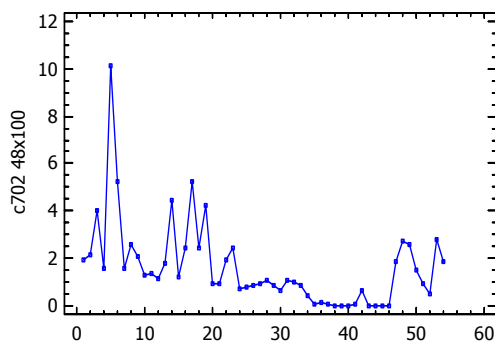
59	13820,8	-15730,8	43372,3
60	11574,3	-13750,0	36898,5

Fuente: Statgraphic Centurion IV

Modelo de pronóstico seleccionado fue Suavización exponencial simple con alfa = 0,2409 identificado con la Letra A en la tabla 50. Para la explicación de la elección de este modelo y del cálculo de los pronósticos (ver Item 4.1. # 7 pp. 93).

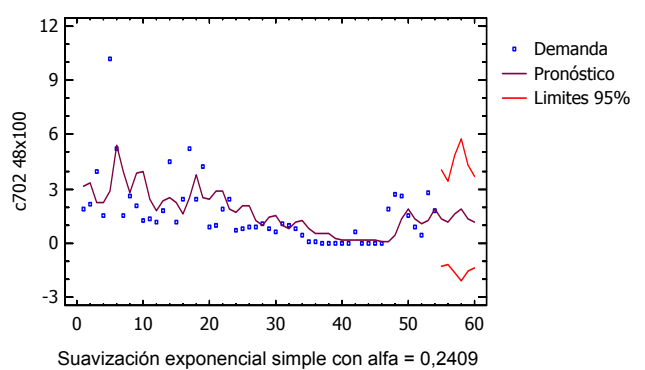
**Gráfico 33. Demanda Ref. 702 48x100**

(X 10000,0)



**Gráfico 34. Pronóstico Ref. 702 48x100**

(X 10000,0)



Fuente: Statgraphic Centurion IV

Realizar este capítulo fue necesario e importante para el proyecto por cuanto se pudo analizar la planeación estratégica de Cellux para lo cual se elaboraron y validaron los modelos de pronósticos de la demandas más adecuados para la fabricación de los productos o Referencias (102, 563, 700 y 702), los cuales permitieron conocer la demanda futura de esas referencias para poder mejorar el nivel de servicio, tener un control sobre los inventarios, liberar órdenes de trabajos a tiempo, identificar necesidades de programación de horas extras ó subcontratos y en general elegir estrategias tácticas y operativas de producción.

## **5. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PARA ESTABLECER EL PLAN MAESTRO EN UNA PERSPECTIVA DE PLANEACIÓN EN LA EMPRESA CELLUX S.A.**

La metodología utilizada para el diseño del Plan Maestro en la empresa Cellux Colombiana S.A. se realizó a través de un modelo de programación lineal, tomando como referencia los trabajos de los autores Jairo Rafael Coronado H. (2005), Nagen Nagarur, Prem Vrat y Wanchai Duongsuwang (1997), (ver pp. 37) los cuales descomponen el problema en subproblemas, a fin de facilitar el cálculo computacional, la interpretación de los datos y la optimización de la solución.

La importancia de utilizar el modelo de programación lineal a diferencia de otros métodos como los heurísticos es que con estos se obtienen buenas soluciones, pero no necesariamente son las mejores, mientras que con la programación lineal se busca una solución óptima que satisfaga a una función objetivo, de tal forma que sus variables estén sujetas a una serie de restricciones que se expresan mediante un sistema de ecuaciones lineales, las cuales crean un espacio de soluciones factibles del cual se extrae la solución óptima.

En ese orden de ideas, en todo modelo de programación lineal es necesario identificar la compatibilidad de los productos con las máquinas, entre los factores de compatibilidad se encuentran: montajes, ciclos de producción, distancia, temperatura, etc. los cuales se comparan en una matriz de incidencia, ésta tiene como finalidad demostrar que los productos son compatibles con las máquinas y a partir de esto se crean los subproblemas para los cuales a cada uno se les aplicará el modelo de programación lineal a fin de obtener la solución óptima (Nagen Nagarur, Prem Vrat y Wanchai Duongsuwang (1997) .

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, la matriz de incidencia que se creó para dividir el problema de Cellux Colombiana S.A. subproblemas se basó en el montaje de producción, esto se debió a que hay máquinas específicas que solo pueden trabajar con ciertos montajes y que las referencias solo pueden ser producidas en esas máquinas.

A continuación se muestra la matriz de incidencia para los productos de Cellux Colombiana S.A. esta matriz se llena con 0 y 1, el valor de 0 (Cero) es para aquellos productos que no tienen compatibilidad con las máquinas, 1 (uno) para aquellos que si la tienen, la ruta de los productos ya está definida en el sistema de producción de la empresa, lo que se hizo con esta matriz fue reflejar estas rutas para simplificar el problema.

**Tabla 52. Matriz de Incidencia de la Empresa Cellux Colombiana S.A.**

		<b>MAQUINA</b>				
		M-250	NGR-350	M-3000	ARROW	TS-200
<b>PRODUCTOS</b>	102C-12x5	<b>1</b>	0	0	0	0
	102C-12x20	<b>1</b>	0	0	0	0
	102C-12x30	0	<b>1</b>	0	0	0
	102C-12x40	0	<b>1</b>	0	0	0
	563C-18x23	0	0	<b>1</b>	0	0
	563C-18x40	0	0	<b>1</b>	0	0
	563C-24x23	0	0	<b>1</b>	0	0
	563C-24x40	0	0	<b>1</b>	0	0
	563C-12x23	0	0	0	<b>1</b>	0
	563C-12x40	0	0	0	<b>1</b>	0
	563C-48x25	0	0	0	<b>1</b>	0
	563C-48x40	0	0	0	<b>1</b>	0
	700C-48x23	0	0	0	0	<b>1</b>
	700C-48x40	0	0	0	0	<b>1</b>
	700C-48x90	0	0	0	0	<b>1</b>
	702C-48x40	0	0	0	0	<b>1</b>
	702-48X100	0	0	0	0	<b>1</b>

Luego de haberse realizado la matriz de incidencia se obtuvieron 5 subproblemas, uno por cada máquina, donde cada una de estas fábrica más de un producto convirtiéndose en modelos de una sola máquina multiproducto; en este caso no se presentó ningún subproblema que pudiera ser multimaquina, es decir que un mismo producto se pudiese fabricar en dos máquinas al mismo tiempo. De esta manera fué mucho más fácil visualizar, plantear y codificar en el software el problema de programación lineal, además de esta manera se facilitó la interpretación de los datos, minimizando los errores que se pudieron originar al momento de haber sido analizada la información de los resultados.

**Subgrupo 1**

	<b>M-250</b>
102C-12x5	<b>1</b>
102C-12x20	<b>1</b>

**Subgrupo 2**

	<b>NGR-350</b>
102C-12x30	<b>1</b>
102C-12x40	<b>1</b>

**Subgrupo 3**

	<b>M-3000</b>
563C-18x23	<b>1</b>
563C-18x40	<b>1</b>
563C-24x23	<b>1</b>
563C-24x40	<b>1</b>

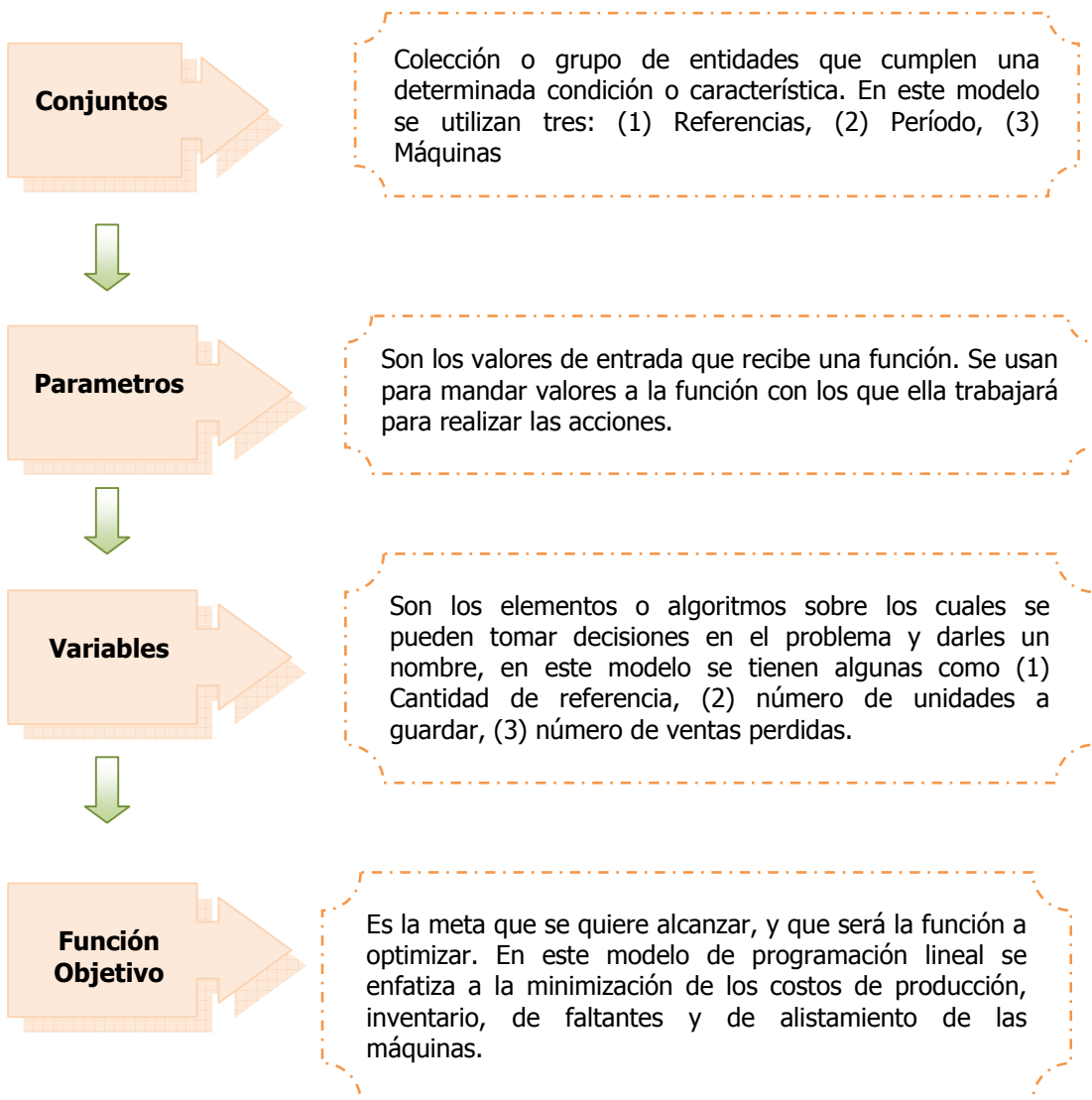
**Subgrupo 4**

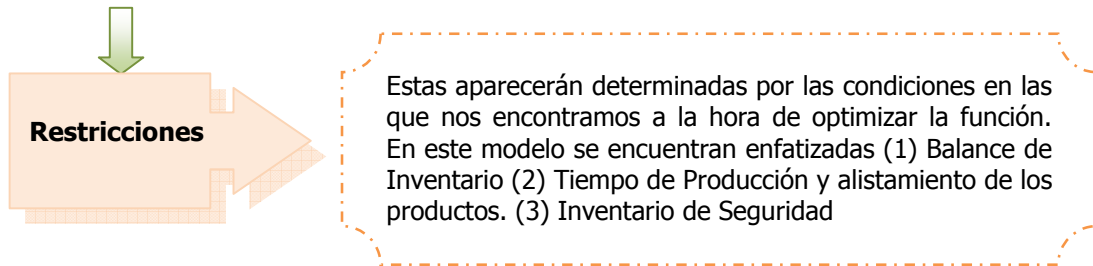
	<b>ARROW</b>
563C-12x23	<b>1</b>
563C-12x40	<b>1</b>
563C-48x25	<b>1</b>
563C-48x40	<b>1</b>

**Subgrupo 5**

	<b>TS-200</b>
700C-48x23	<b>1</b>
700C-48x40	<b>1</b>
700C-48x90	<b>1</b>
702C-48x40	<b>1</b>
702-48X100	<b>1</b>

Una vez realizada la matriz de incidencia se procedió a realizar la estructura del planteamiento del modelo de programación lineal, para lo cual se tuvo en cuenta la siguiente estructura general:





## 5.1 PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A.

Con la realización del modelo de programación lineal de la empresa Cellux Colombiana S.A. se buscó minimizar los costos de producción para un período de planeación de 6 meses los cuales fueron pronosticados en el capítulo 4, pp. 89.

Este modelo se aplicó a cada subproblema obtenidos de la matriz de incidencia (Ver tabla 52 pp 123), además de esto, el modelo debió relacionar la demanda futura, las máquinas y referencias que se producirían, los costos relacionados con la producción (setup, inventarios, producción, CIF. Mano de obra, faltantes), debido a que éstos fueron valores fijos y se definieron en el modelo como parámetros.

Además fue necesario definir las variables de decisión las cuales proporcionaron la información de cómo se debía producir, cuánto producir y cuánto guardar en inventario, estas variables fueron de gran ayuda para la toma de decisiones.

A continuación se encuentra el planteamiento del Modelo de PL para la empresa Cellux Colombiana S.A.

### ◆ CONJUNTOS

- $i$  = Referencias {1, 2, 3, 4, ..., n}
- $j$  = Período {1, 2, 3, 4, 5, 6}
- $m$  = Máquina {1, 2, 3, 4, ..., 9}

### ◆ PARAMETROS

- $D_{(i,t)}$  = Demanda de la referencia  $i$  en el periodo  $t$
- $CP_{(m,t)}$  = Tiempo disponible para producir de la máquina  $m$  en el periodo  $t$

$CPROD_{(i,m)}$	= Costo unitario de producir una referencia $i$ en la maquina $m$
$TC_{(i,m)}$	= Tiempo de una bajada de la referencia $i$ en la maquina $m$
$INVIN_{(i)}$	= Inventario inicial del producto $i$
$CI_{(i)}$	=Costo de Inventario por bajada de $i$
$B_{(i)}$	= Costo de Faltante del producto $i$
$TS_{(i,m)}$	= Tiempo de alistar la referencia $i$ en la maquina $m$
$CS_{(i,m)}$	= Costo de Setup de $i$ en la maquina $m$

◆ **VARIABLES**

$x_{(imt)}$	= Cantidad a producir de la referencia $i$ en la maquina $m$ en el periodo $t$
$I_{(it)}$	= Cantidad de bajadas de $i$ a guardar en el periodo $t$
$F_{(it)}$	= Número de ventas perdidas de $i$ en $t$
$y_{(imt)}$	= { 1 Si se produce $i$ en $m$ en el periodo $t$ 0 En caso Contrario }

◆ **FUNCIÓN OBJETIVO**

$$Min Z = \sum_i \sum_m \sum_t CPROD_{(i,m)} * x_{(imt)} + \sum_i \sum_t CI_{(i)} * I_{(it)} + \sum_i \sum_t F_{(it)} * B_{(i)} + \sum_i \sum_m \sum_t CS_{(i,m)} * y_{(i,m,t)}$$

**RESTRICCIONES**

**S.A.**

**Balance de Inventario**

$$INVIN_{(i)} + \sum_m x_{(imt)} + F_{(it)} - I_{(it)} = D_{it} \quad \forall_i$$

$$I_{i(t-1)} + \sum_m x_{(imt)} + F_{(it)} - F_{i(t-1)} - I_{(it)} = D_{it} \quad \forall_i \forall_t \geq 2$$

**Tiempo de Produccion y alistamiento**

$$\sum_i TC_{im} * x_{imt} + \sum_i TS_{im} * y_{imt} \leq CP_{mt} \quad \forall_m \forall_t$$

**Producción en una Máquina**

$$\sum_m y_{imt} = 1 \quad \forall_m \forall_t$$

**Inventario de Seguridad**

$$I_{it} \geq SS_i \quad \forall_i \forall_t$$

**No negatividad**

$$x_{(imt)}, I_{it}, F_{it} \geq 0 \quad \forall_i \forall_m \forall_t$$

**Variable Binaria ( 1= Hay Producción , 0= No hay Producción)**

$$y_{imt} \in \{1,0\}$$

**5.2 DATOS DE ENTRADA DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL**

Para la obtención de los datos de entrada fué necesario que las unidades del modelo de programación lineal de Cellux Colombiana S.A. se definieran en bajadas de producción (ver p.p. 58), así los costos que son definidos por rollo se multiplicaron por el número de rollos que salen de un ciclo y se obtuvieron dichos costos expresados en unidades de bajadas de producción. De esta manera se definió que los datos de entrada serían: Costos (Bajada, Setup, Inventario, faltante); Tiempos (Setup (min), Bajada, (Rollo/Bajada); Inventario Inicial (Rollos, Bajada)

A continuación se muestran como fueron calculados los diferentes costos que se ingresaron en el modelo de Programación Lineal, (ver tabla 53 pp. 128).

**Costos de Bajada** = (Costo Unitario) x (Tiempo Rollos/Bajada)

**Costo de Setup** = ( (Tiempo Setup x (Tiempo Rollos/Bajada)/Tiempo Bajada ) x Cif/Rollo ) + (27 x (Tiempo Rollos/Bajada)/(Tiempo Bajada x Mano Obra/Rollo))

**Costos de Inventario**=(Costo de Bajada x 0,036)

**Costos Faltante** = (Costo de Venta de una bajada – Costo producción de una Bajada)

**Tabla 53. Datos Cálculo de Costos**

Máquinas	Referencias	COSTOS						
		Bajada	Setup	Inventario	cif/rollo	mo/rollo	Faltante	ventas
<b>M-250</b>	102C-12x5	\$ 3.642	\$ 23.307	\$ 131	\$ 4,0	\$ 0,5	\$ 7.663	\$ 11.305,0
	102C-12x20	\$ 9.086	\$ 23.342	\$ 327	\$ 6,4	\$ 0,8	\$ 18.179	\$ 27.265,0
<b>NGR-350</b>	102C-12x30	\$ 19.295	\$ 19.675	\$ 695	\$ 8,0	\$ 2,8	\$ 28.585	\$ 47.880,0
	102C-12x40	\$ 20.255	\$ 19.670	\$ 729	\$ 9,6	\$ 3,3	\$ 44.250	\$ 64.505,0
<b>ARROW</b>	563C-12x23	\$ 39.320	\$ 32.124	\$ 1.416	\$ 18,4	\$ 3,1	\$ 47.795	\$ 87.115,0
	563C-12x40	\$ 63.216	\$ 32.135	\$ 2.276	\$ 19,5	\$ 3,3	\$ 75.104	\$ 138.320,0
<b>M-3000</b>	563C-18x23	\$ 32.620	\$ 12.494	\$ 1.174	\$ 6,4	\$ 1,1	\$ 54.380	\$ 87.000,0
	563C-18x40	\$ 54.901	\$ 12.083	\$ 1.976	\$ 7,3	\$ 1,3	\$ 88.214	\$ 143.115,0
	563C-24x23	\$ 31.922	\$ 11.062	\$ 1.149	\$ 9,8	\$ 1,6	\$ 51.929	\$ 83.850,0
	563C-24x40	\$ 52.709	\$ 11.053	\$ 1.898	\$ 8,8	\$ 1,5	\$ 79.566	\$ 132.275,0
<b>ARROW</b>	563C-48x25	\$ 34.201	\$ 8.880	\$ 1.231	\$ 29,7	\$ 4,9	\$ 61.994	\$ 96.195,0
	563C-48x40	\$ 52.612	\$ 8.880	\$ 1.894	\$ 29,7	\$ 4,9	\$ 91.268	\$ 143.880,0
<b>TS-200</b>	700C-48x23	\$ 9.946	\$ 12.326	\$ 358	\$ 17,8	\$ 2,0	\$ 19.979	\$ 29.925,0
	700C-48x40	\$ 15.422	\$ 12.317	\$ 555	\$ 19,4	\$ 2,2	\$ 39.528	\$ 54.950,0
	700C-48x90	\$ 15.018	\$ 12.320	\$ 541	\$ 22,4	\$ 2,5	\$ 80.882	\$ 95.900,0
	702c-48x40	\$ 16.349	\$ 9.579	\$ 589	\$ 9,6	\$ 2,3	\$ 42.102	\$ 58.450,0
	702c-48x100	\$ 37.114	\$ 8.878	\$ 1.336	\$ 15,2	\$ 2,5	\$ 87.836	\$ 124.950,0

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A.

bajada.

**Nota: Los Tiempos se encuentran expresados en minutos (min) y los costos se encuentran expresados por bajadas.**



Los resultados obtenidos y plasmados en las tablas (53 y 54 pp. 128 -129) ya sean en tiempos o costos se expresaron en minutos por bajadas, estos tiempos fueron sacados de los estándares de producción que tiene la empresa los cuales ya están establecidos. Cada máquina tiene su estándar de rollos/hora que pueden fabricar por máquinas, a partir de esto se calcularon los datos necesarios para el modelo y se expresaron en la misma unidad de tiempo que los ciclos de producción, los cuales están definidos en minutos.

**Tiempos Bajada**=(((Tiempo Rollos/Bajada) x 60)/(Rollos /hora))

**Tiempo Setup y los rollos/ bajada** fueron establecidos por los estándares de producción

**Tabla 54. Datos Cálculo tiempos**

Máquinas	Referencias	TIEMPOS		
		Setup(min)	Tiempo Bajada	Rollos/bajada
<b>M-250</b>	102C-12x5	45	1,1	133
	102C-12x20	45	1,8	133
<b>NGR-350</b>	102C-12x30	45	2,9	133
	102C-12x40	45	3,5	133
<b>ARROW</b>	563C-12x23	40	3,4	133
	563C-12x40	40	3,6	133
<b>M-3000</b>	563C-18x23	30	1,5	87
	563C-18x40	30	1,8	87
	563C-24x23	26	1,8	65
	563C-24x40	26	1,6	65
<b>ARROW</b>	563C-48x25	20	2,7	33
	563C-48x40	20	2,7	33
<b>TS-200</b>	700C-48x23	20	1,2	35
	700C-48x40	20	1,3	35
	700C-48x90	20	1,5	35
	702c-48x40	20	0,9	35
	702c-48x100	20	1,5	35

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A

El inventario inicial fue obtenido de la base de datos del software de la empresa, este arroja la información del inventario inicial mostrando la cantidad de rollos que se encuentran almacenados en la bodega de producto terminado, por tanto es necesario convertirlo a inventario inicial de bajadas.

**Inventario Inicial Bajadas**= (Inventario Inicial Rollos)/(Rollos/ Ciclo)

**Tabla 55. Datos Cálculo Inventario Inicial Rollos y Bajadas**

Máquinas	Referencias	Inventario inicial	
		rollos	Bajadas
<b>M-250</b>	102C-12x5	0	0
	102C-12x20	4.296	32
<b>NGR-350</b>	102C-12x30	5.090	38
	102C-12x40	7.712	58
<b>ARROW</b>	563C-12x23	16	0,12
	563C-12x40	0	0
<b>M-3000</b>	563C-18x23	62	0,7
	563C-18x40	120	1,38
	563C-24x23	0	0
	563C-24x40	0	0
<b>ARROW</b>	563C-48x25	8	0,24
	563C-48x40	0	0
<b>TS-200</b>	700C-48x23	10486	300
	700C-48x40	8297	237
	700C-48x90	5199	149
	702c-48x40	1930	55
	702c-48x100	0	0

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A.

El inventario de seguridad se basó en la capacidad de almacenamiento de la bodega de producto terminado y en políticas de la empresa, la cual quiere mantener el mayor nivel de stock posible para satisfacer la demanda, sin embargo como el mantenimiento del inventario es costoso se propuso tener un inventario de seguridad del 30% de la capacidad de almacenamiento de la bodega para cada una de las referencias a fin de disminuir los costos y poder satisfacer la incertidumbre de la demanda fluctuante; además de poder despachar rápidamente y satisfacer a los clientes, ya que es posible que las máquinas estén ocupadas fabricando otras referencias y no se pueda producir la que se esté pidiendo.

**Almacenamiento Máximo Bajadas** = ((Inventario se seguridad Rollos)/ (Rollos/Ciclo))

**Inventario Seguridad Rollos** = (Cajas x Unidad de Empaque)

**Inventario Seguridad** = (Inventario Máximo Bajadas x 0,3)

**Tabla 56. Datos Cálculo Inventario Inicial Rollos y Bajadas**

Máquinas	Referencias	Inventario de seguridad				
		Cajas	Und. empaque	Rollos	Almac. Max bajadas	Inventario de Seguridad
<b>M-250</b>	102C-12x5	108	3024	326592	2456	737
	102C-12x20	20	1800	36000	271	81
<b>NGR-350</b>	102C-12x30	132	360	47520	357	107
	102C-12x40	20	288	5760	43	13
<b>ARROW</b>	563C-12x23	200	160	32000	241	72
	563C-12x40	130	160	20800	156	47
<b>M-3000</b>	563C-18x23	270	104	28080	323	97
	563C-18x40	180	104	18720	215	65
	563C-24x23	270	80	21600	332	100
	563C-24x40	180	80	14400	222	66
<b>ARROW</b>	563C-48x25	50	50	2500	76	23
	563C-48x40	90	40	3600	109	33
<b>TS-200</b>	700C-48x23	378	144	54432	1555	467
	700C-48x40	81	144	11655	333	100
	700C-48x90	80	108	8640	247	74
	702c-48x40	60	144	8645	247	74
	702c-48x100	50	96	4800	137	41

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A.

### **5.3 REQUERIMIENTOS DE MATERIA PRIMA PARA LAS REFERENCIAS 102, 563, 700 Y 702 EN LA EMPRESAS CELLUX COLOMBIANA S.A.**

Cellux Colombiana S.A a pesar de poseer un ERP el cual verifica la materia prima existente por cada orden de producción que se hace, en caso de necesitar más materia primara envia una solicitud de compra inmediatamente, la cual debe ser aprobada por el jefe de Logística; sin embargo para cada mes se planea cual será la cantidad de materia prima que se debe comprar, esto, con el fin de preparar un presupuesto y contar con materia prima al inicio del mes para poder comenzar la producción.

Debido a que Cellux Colombiana S.A. posee su ERP no fue mecesario necesario la realizacion de un MRP para el proyecto ya que se tomaron los datos que este arrojo, sin embargo se realizó una tabla con los requerimientos y cantidades de material necesarios para producir para cada uno de los meses pronósticados.

Los requerimientos se realizan de la siguiente manera, existen datos que son fijos y ya determinados como el tipo de caja en la que se va a empacar una referencia, la unidad de empaque que es la cantidad de rollos que caben dentro de una caja y el factor, que es la cantidad de metros cuadrados que tiene un rollo, la producción es el resultado de la cantidad de rollos a producir más la cantidad a guardar en inventario, estos datos fueron arrojados por Gams al desarrollar el modelo. Ver los requerimientos calculados en la pagina siguiente.

Formulas utilizadas para los calculos:

Producción	= (Rollo a producir + Rollo a guardar en inventario)
Cantidad de cajas	= (Producción/Unidad de empaque)
Tucos	= (Producción x (720/Ancho del rollo))
Factor	= (Ancho x Largo/1000)
M2	= (Factor x Producción)

**Tabla 57. Requerimiento Materia Prima Ref. 102**

MESES	REFERENCIA	PRODUCCION	CAJAS	CANT. CAJAS	UNIDAD DE EMPAQUE	TUCOS	FACTOR	M2
jul-09	102C-00-00120005	356839	master * 6 cellux	118	3024	5947	0,06	21410
	102C-00-00120020	11704	master * 6 cellux	14	864	195	0,24	2809
	102C-00-00120030	36575	master * 6 cellux	102	360	610	0,36	13167
	102C-00-00120040	0	master * 6 cellux	0	288	0	0,48	0
ago-09	102C-00-00120005	280231	master * 6 cellux	93	3024	4671	0,06	16814
	102C-00-00120020	4921	master * 6 cellux	6	864	82	0,24	1181
	102C-00-00120030	36841	master * 6 cellux	102	360	614	0,36	13263
	102C-00-00120040	1197	master * 6 cellux	4	288	20	0,48	575
sep-09	102C-00-00120005	459781	master * 6 cellux	152	3024	7663	0,06	27587
	102C-00-00120020	4788	master * 6 cellux	6	864	80	0,24	1149
	102C-00-00120030	28329	master * 6 cellux	79	360	472	0,36	10198
	102C-00-00120040	5187	master * 6 cellux	18	288	86	0,48	2490
oct-09	102C-00-00120005	685482	master * 6 cellux	227	3024	11425	0,06	41129
	102C-00-00120020	4655	master * 6 cellux	5	864	78	0,24	1117
	102C-00-00120030	40565	master * 6 cellux	113	360	676	0,36	14603
	102C-00-00120040	2926	master * 6 cellux	10	288	49	0,48	1404
nov-09	102C-00-00120005	520296	master * 6 cellux	172	3024	8672	0,06	31218
	102C-00-00120020	4655	master * 6 cellux	5	864	78	0,24	1117
	102C-00-00120030	40565	master * 6 cellux	113	360	676	0,36	14603
	102C-00-00120040	5320	master * 6 cellux	18	288	89	0,48	2554
dic-09	102C-00-00120005	751982	master * 6 cellux	249	3024	12533	0,06	45119
	102C-00-00120020	7182	master * 6 cellux	8	864	120	0,24	1724
	102C-00-00120030	31255	master * 6 cellux	87	360	521	0,36	11252
	102C-00-00120040	5985	master * 6 cellux	21	288	100	0,48	2873

**Tabla 58. Requerimiento materia prima ref. 563**

MESES	REFERENCIA	PRODUCCION	CAJAS	CANT. CAJAS	UNIDAD DE EMPAQUE	TUCOS	FACTOR	M2
jul-09	563C-00-00180023	43935	crepe # 2 cellux	422	104	1.098	0,414	18.189
	563C-00-00180040	7656	crepe # 2 cellux	74	104	191	0,72	5.512
	563C-00-00240023	46995	crepe # 2 cellux	587	80	1.567	0,552	25.941
	563C-00-00240040	8060	crepe # 2 cellux	101	80	269	0,96	7.738
	563C-00-00120023	47215	crepe # 2 cellux	454	104	1.180	0,414	19.547
	563C-00-00120040	9310	crepe # 2 cellux	90	104	233	0,72	6.703
	563C-00-00480023	11014,08	crepe # 2 cellux	138	80	367	0,552	6.080
ago-09	563C-00-00480040	5379	crepe # 2 cellux	67	80	179	0,96	5.164
	563C-00-00180023	27492	crepe # 2 cellux	264	104	687	0,414	11.382
	563C-00-00180040	6090	crepe # 2 cellux	59	104	152	0,72	4.385
	563C-00-00240023	30745	crepe # 2 cellux	384	80	1.025	0,552	16.971
	563C-00-00240040	1950	crepe # 2 cellux	24	80	65	0,96	1.872
	563C-00-00120023	33117	crepe # 2 cellux	318	104	828	0,414	13.710
	563C-00-00120040	2527	crepe # 2 cellux	24	104	63	0,72	1.819
sep-09	563C-00-00480023	5577	crepe # 2 cellux	70	80	186	0,552	3.079
	563C-00-00480040	1617	crepe # 2 cellux	20	80	54	0,96	1.552
	563C-00-00180023	29406	crepe # 2 cellux	283	104	735	0,414	12.174
	563C-00-00180040	1653	crepe # 2 cellux	16	104	41	0,72	1.190
	563C-00-00240023	31005	crepe # 2 cellux	388	80	1.034	0,552	17.115
	563C-00-00240040	1950	crepe # 2 cellux	24	80	65	0,96	1.872
	563C-00-00120023	40698	crepe # 2 cellux	391	104	1.017	0,414	16.849
oct-09	563C-00-00120040	2660	crepe # 2 cellux	26	104	67	0,72	1.915
	563C-00-00480023	5874	crepe # 2 cellux	73	80	196	0,552	3.242
	563C-00-00480040	891	crepe # 2 cellux	11	80	30	0,96	855
	563C-00-00180023	32451	crepe # 2 cellux	312	104	811	0,414	13.435
	563C-00-00180040	1131	crepe # 2 cellux	11	104	28	0,72	814
	563C-00-00240023	40625	crepe # 2 cellux	508	80	1.354	0,552	22.425
	563C-00-00240040	3055	crepe # 2 cellux	38	80	102	0,96	2.933
563C-00-00120023	21014	crepe # 2 cellux	202	104	525	0,414	8.700	
563C-00-00120040	2527	crepe # 2 cellux	24	104	63	0,72	1819	

	563C-00-00480023	5643	crepe # 2 cellux	71	80	188	0,552	3115
	563C-00-00480040	924	crepe # 2 cellux	12	80	31	0,96	887
<b>nov-09</b>	563C-00-00180023	44805	crepe # 2 cellux	431	104	1120	0,414	18549
	563C-00-00180040	1827	crepe # 2 cellux	18	104	46	0,72	1315
	563C-00-00240023	41145	crepe # 2 cellux	514	80	1372	0,552	22712
	563C-00-00240040	2145	crepe # 2 cellux	27	80	72	0,96	2059
	563C-00-00120023	30856	crepe # 2 cellux	297	104	771	0,414	12774
	563C-00-00120040	1995	crepe # 2 cellux	19	104	50	0,72	1436
	563C-00-00480023	5577	crepe # 2 cellux	70	80	186	0,552	3079
	563C-00-00480040	1089	crepe # 2 cellux	14	80	36	0,96	1045
<b>dic-09</b>	563C-00-00180023	28275	crepe # 2 cellux	272	104	707	0,414	11706
	563C-00-00180040	870	crepe # 2 cellux	8	104	22	0,72	626
	563C-00-00240023	30680	crepe # 2 cellux	384	80	1023	0,552	16935
	563C-00-00240040	2340	crepe # 2 cellux	29	80	78	0,96	2246
	563C-00-00120023	25004	crepe # 2 cellux	240	104	625	0,414	10352
	563C-00-00120040	1596	crepe # 2 cellux	15	104	40	0,72	1149
	563C-00-00480023	4125	crepe # 2 cellux	52	80	138	0,552	2277
	563C-00-00480040	1353	crepe # 2 cellux	17	80	45	0,96	1299

Fuente: Registros de Cellux Colombiana S.A.

**Tabla 59. Requerimiento Materia Prima Ref. 700 Y 702**

MESES	REFERENCIA	PRODUCCION	CAJAS	CANT. CAJAS	UNIDAD DE EMPAQUE	TUCOS	FACTOR	M2
<b>jul-09</b>	700C-00-00480023	100800	Gold tape kraft	700	144	6720	1,104	111283
	700C-00-00480040	7070	Gold tape kraft	49	144	471	1,92	13574
	700C-00-00480090	27650	Gold tape kraft	256	108	1843	4,32	119448
	702C-00-00480040	14490	Gold tape kraft	101	144	966	1,92	27821
	702C-00-00480100	14490	Gold tape kraft	151	96	966	4,8	69552
<b>ago-09</b>	700C-00-00480023	81760	Gold tape kraft	568	144	5451	1,104	90263
	700C-00-00480040	14385	Gold tape kraft	100	144	959	1,92	27619
	700C-00-00480090	25865	Gold tape kraft	239	108	1724	4,32	111737
	702C-00-00480040	11585	Gold tape kraft	80	144	772	1,92	22243
	702C-00-00480100	11585	Gold tape kraft	121	96	772	4,8	55608
<b>sep-09</b>	700C-00-00480023	78855	Gold tape kraft	548	144	5257	1,104	87056
	700C-00-00480040	11690	Gold tape kraft	81	144	779	1,92	22445
	700C-00-00480090	25585	Gold tape kraft	237	108	1706	4,32	110527
	702C-00-00480040	16065	Gold tape kraft	112	144	1071	1,92	30845
	702C-00-00480100	16065	Gold tape kraft	167	96	1071	4,8	77112
<b>oct-09</b>	700C-00-00480023	78260	Gold tape kraft	543	144	5217	1,104	86399
	700C-00-00480040	9800	Gold tape kraft	68	144	653	1,92	18816
	700C-00-00480090	39585	Gold tape kraft	367	108	2639	4,32	171007



	702C-00-00480040	18760	Gold tape kraft	130	144	1251	1,92	36019
	702C-00-00480100	18725	Gold tape kraft	195	96	1248	4,8	89880
<b>nov-09</b>	700C-00-00480023	68985	Gold tape kraft	479	144	4599	1,104	76159
	700C-00-00480040	15400	Gold tape kraft	107	144	1027	1,92	29568
	700C-00-00480090	103495	Gold tape kraft	958	108	6900	4,32	447098
	702C-00-00480040	13825	Gold tape kraft	96	144	922	1,92	26544
	702C-00-00480100	13825	Gold tape kraft	144	96	922	4,8	66360
	<b>dic-09</b>	700C-00-00480023	7070	Gold tape kraft	49	144	471	1,104
700C-00-00480040		19915	Gold tape kraft	138	144	1328	1,92	38237
700C-00-00480090		14490	Gold tape kraft	134	108	966	4,32	62597
702C-00-00480040		11585	Gold tape kraft	80	144	772	1,92	22243
702C-00-00480100		11585	Gold tape kraft	121	96	772	4,8	55608

Fuentes: Registros de Cellux Colombiana S.A.

## 6. VALIDACIÓN Y COMPARACIÓN DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PROPUESTO CON EL ACTUAL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.

Una vez calculados y tabulados los parámetros del modelo de programación lineal propuesto en el capítulo 5 pp. 122, fue necesario utilizar un programa o software, en este caso se recurrió al llamado GAMS (ver p.p. 58) para introducir la información, por lo que fue necesario convertirla al código de Gams para que este se pudiera compilar y correr posteriormente.

Como primera instancia se definieron los conjuntos del modelo con el comando **Set**, en los conjuntos se definieron las referencias, máquinas y el periodo que son los meses pronosticados. Los datos de los parámetros se pudieron definir de dos maneras, con el comando **table** y **parameter**, el comando **table** se utilizó para definir los parámetros en forma de una tabla, son datos que se relacionan entre sí, como es el caso de la cantidad de bajadas (ver p.p. 58) de una referencia que debe ser producida en un mes determinado, creando de esta manera una matriz que relacione dos índices de los conjuntos.

El comando **parameter** se utiliza para definir parámetros como vectores, es decir que se pueden relacionar un solo índice de los conjuntos. Ver Ventana de Gams

```

gamsdir: C:\Documents and Settings\Administrador\Mis documentos\gamsdir\projdir\gmsproj.gp
File Edit Search Windows Utilities Model Libraries Help
TS-200 comparacion 1.lst | NGR-350 comparacion.gms | TS-200 comparacion 1.gms | M-250.gms
-----
** Modelo de Planeacion de la Produccion
** Cellux Colombiana S.A.
** Maquina TS-200
-----

set i Referencias /c700-48x23, c700-48x40, c700-48x90, c702-48x40, c702-48x100/
m Maquina /TS-200/
t Periodo /Ene09, Feb09, Mar09, Abr09, May09, Jun09/ ;

table D(t,i) Demanda Pronosticada (cantidad de bajadas para cada periodo)
      c700-48x23  c700-48x40  c700-48x90  c702-48x40  c702-48x100
Ene09  3419      214        535       743         26
Feb09  2322      209        811       422         14
Mar09  3313      341        669       259          8
Abr09  2490      193        524       103          27
May09  1720      263        447       287          0
Jun09  300       41         105       179          29
;

table Cp(m,t) Tiempo en minutos disponible para producir
      Ene09  Feb09  Mar09  Abr09  May09  Jun09
TS-200  36000  34560  36000  34560  34560  33120
;

table Cpro(m,i) Costo de producir la referencia i en la maquina m
      c700-48x23  c700-48x40  c700-48x90  c702-48x40  c702-48x100
TS-200  9946     15422     15018     37144     67046
;

table Tc(m,i) Tiempo en minutos de ciclo de la referencia i en la maquina m
      c700-48x23  c700-48x40  c700-48x90  c702-48x40  c702-48x100
TS-200  1.2       1.3        1.5         0.9         1.5
;

table Ts(m,i) Tiempo en minutos de setup de la referencia i en la maquina m
      c700-48x23  c700-48x40  c700-48x90  c702-48x40  c702-48x100
TS-200  20        20         20          20          20
;

table Cs(m,i) Costo de setup de la referencia i en la maquina m
      c700-48x23  c700-48x40  c700-48x90  c702-48x40  c702-48x100
TS-200  12326     12317     12320     9579        8878

```

Luego se especificaron las variables, estas se definieron por medio del comando **Variable**, en este se definió las variables de decisión, si el modelo posee variables binarias estas se definen con el comando **Binary Variable** este tipo de variables solo pueden tomar valores de 0 ó 1, en el caso del modelo de programación para la empresa Cellux Colombiana S.A. se definió esta variable para expresar la utilización de la máquina durante cada período. Para definir las variables positivas se utilizó el comando **Positive variable**. (ventana siguiente).

```

gamside: C:\Documents and Settings\Administrador\Mis documentos\gamsdir\projdir\gmsproj.gpr - [G:\Tesis\N
File Edit Search Windows Utilities Model Libraries Help
TS-200 comparacion 1.lst NGR-350 comparacion.gms TS-200 comparacion 1.gms M-250.gms

Parameter Invi(i) Inventario inicial (bajadas) de la referencia i
/
c700-48x23      1795
c700-48x40      0
c700-48x90     0.31
c702-48x40      34
c702-48x100    114
/
;

Parameter Invs(i) Inventario de seguridad (bajdas) de la referencia i
/
c700-48x23      467
c700-48x40     100
c700-48x90      74
c702-48x40      74
c702-48x100     41
/
;

Parameter Ci(i) Costo promedio inventario por Bajdas de la referencia i
/
c700-48x23      358
c700-48x40     555
c700-48x90     541
c702-48x40     589
c702-48x100   1336
/
;

Parameter Ei(i) Costo de faltante por bajadas de la referencia i
/
c700-48x23     19979
c700-48x40    39528
c700-48x90    80882
c702-48x40    42102
c702-48x100   87836
/
;

Variables X(i,m,t) Cantidad de Bajadas de la referencia i en la maquina m en periodo t
          Invt(i,t) Cantidad de bajadas a almacenar en periodo t
          F(i,t) Numero de ventas perdidas de la referencia i en el periodo t
          Y(i,m,t) 1 si hay produccion 0 dlc
          Z funcion objetivo
;

positive variables X, Invt, F;
Binary variable Y;

```

Para definir la función objetivo y las restricciones se utilizó el comando **Equations**, es importante haber definido todos los parámetros o variables antes de definir las ecuaciones, de lo contrario el programa arrojará error al momento de hacer la compilación, en Gams no importa en que orden se definen los parámetros, solo es importante definirlos antes de la función objetivo y las restricciones. Por último para que el modelo fuera resuelto se le dio un nombre al modelo, esto se hizo mediante la función **Model** y luego se escribió el nombre de éste, no es necesario que este sea el mismo

nombre con el que se guarde el archivo, inmediatamente que se le dio nombre al modelo se indicaron las ecuaciones que se tuvieron en cuenta para encontrar la solución óptima.

Para la solución del modelo fue necesario especificar que tipo de solución debía encontrar y qué tipo de método utilizaría, para esto se utilizó el comando luego se escribió el nombre del modelo que se iba a resolver el cual no se definió anteriormente, luego se indico el sentido, si es maximización o minimización y si es programación lineal (LP), programación entera mixta (mip), programación no lineal (NLP), etc. En este caso se utilizo una solución de programación entera mixta ya que hubo valores enteros y valores reales.

### **6.1. RESULTADOS ARROJADOS POR EL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL UTILIZANDO EL PROGRAMA GAMS.**

Después de haberse validado el modelo en el programa GAMS utilizando los pronósticos obtenidos en el capítulo 4, (ver pp. 89) los resultados arrojados por este fueron tabulados para presentarlos de forma más sencilla. Estos datos estaban dados en unidades de bajadas para efecto de funcionamiento del modelo, sin embargo para hacerlo más sencillo de entender, estos resultados volveran nuevamente a convertirse a rollos, y el tiempo se convertirá de minutos a horas, lo que servirá para decir cuantos turnos se necesita para producir cada referencia, como ya se habia definido cuantos rollos salen de una bajada de producción entonces esta vez para pasar de una bajada de producción a cantidad de rollos se hace lo siguiente:

Producción rollos = (Producción bajadas x Rollos/Bajada)  
Inventario rollos = (Inventario Bajadas x Rollos/Bajada)  
Cantidad de días = ((Capacidad utilizada/60minutos)/24horas)

A continuacion se muestran las tablas con los Resultados Máquina M-250 **Ref. 102C-12X5 - 102C-12X20** del modelo PL arrojados por GAMS.

#### **Máquina M-250**

Esta máquina fabrica dos referencias 102C-12X5 y la 102C-12X20 al ingresar los datos en el programa GAMS este arrojo los siguientes resultados:

- **Costo de Producción Ref. 102C-12X5 - 102C-12X20 Z= \$83.525.886**

**Tabla 60. Datos Producción e Inventario Ref. 102C-12X5**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	258817	98021	2683	356839	737	98021	34560	3154,7
ago-09	280222	98021	2107	280231	737	98021	31680	2429,3
sep-09	459743	98021	3457	459781	737	98021	31680	3912,5
oct-09	685466	98021	5154	685482	737	98021	34560	5777,4
nov-09	520353	98021	3912	520296	737	98021	36000	4422
dic-09	618950	98021	5654	751982	737	98021	33120	5261,6

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

**Tabla 61. Datos Producción e Inventario Ref. 102C-12X2**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	5158	4.296	88	11704	81	10773	576	52,58
ago-09	4930	10773	37	4921	81	10773	528	40,49
sep-09	4737	10773	36	4788	81	10773	528	65,21
oct-09	4660	10773	35	4655	81	10773	576	96,29
nov-09	5448	10773	41	5453	81	10773	600	73,70
dic-09	6008	10773	54	7182	81	10773	552	87,69

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

Para Observar los resultados del resto de las referencias estudiadas: 563 – 700 – 702 . (ver Archivo Complementario del Anexo C p.p.156)

## 6.2 COMPARACIÓN MODELO SISTEMA DE PLANIFICACIÓN ACTUAL VS MODELO PROPUESTO

Para constatar si el modelo propuesto es eficiente para Cellux Colombiana S.A. se cotejó con las demandas reales de los meses de enero a junio de 2009, (ver anexo D. pp. 161) estos datos fueron obtenidos del software SP6 de la empresa, en el cual están registrados la cantidad de productos que se produjeron, estos mismos datos fueron utilizados para realizar los pronósticos en el capítulo 4 (ver pp. 89)

El objetivo de esta validación fue minimizar los costos de producción total de los 6 meses por cada referencia de productos, de esta manera se obtendrán datos más reales y relevantes para poder concluir si es satisfactorio el modelo propuesto, o si por el contrario este necesitará algún tipo de ajustes que puedan ayudar a mejorar la solución.

Una vez realizado el modelo, y tabulado los datos se compararon los costos para determinar cuánto fue el beneficio o disminución de los costos de producción.

### Máquina M-250 Ref. 102 12x5

**Tabla 62. Demanda Máquina M-250 Ref. 102 12x5**

<b>M-250</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>
	rollos	rollos	rollos	rollos	rollos	rollos
102C-00-00120005	464.184	293.328	108.864	77.942	186.563	170.900
102C-00-00120020	14.112	10.368	3.024	5.616	9.648	1.872

**Valor Z= \$ 38.845.982**

**Tabla 63. Comparación Cálculo y diferencia de los Costos Producción Ref. 102 M-250**

<b>M-250</b>		<b>DIFERENCIA COSTOS PRODUCCION M-250</b>	
	<b>COSTOS PRODUCCION</b>		
102C-00-00120005	\$ 50.928.992,60	Costo Producción	\$ 55.382.893,84
102C-00-00120020	\$ 4.453.901,24	Valor Z	\$ 38.845.982,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 55.382.893,84</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 16.536.911,84</b>

Con las tablas anteriormente descritas se puede observar que al comparar la solución del modelo de programación lineal propuesto es decir el valor Z con el actual sistema de planificación de la producción de la empresa Cellux Colombiana se generará una reducción en los costos de Producción en el caso de las Referencias 102 12x5 y 12x20 fabricadas en la máquina M-250 es de un 30% es decir se genera una diferencia de \$16.536.911,84 demostrando de esta manera que dicho modelo arroja resultados satisfactorios.

**Máquina NGR-350 Ref. 102 12x30- 12x40**

**Tabla 64. Demanda Máquina NGR-350 Ref. 102 12x30- 12x40**

<b>NGR-350</b>	<b>Ene</b>	<b>feb.</b>	<b>Mar</b>	<b>abr.</b>	<b>may</b>	<b>jun.</b>
	Rollos	Rollos	Rollos	Rollos	Rollos	Rollos
<b>102C-00-00120030</b>	37.320	66.930	18.108	29.160	19.709	31.320
<b>102C-00-00120040</b>	4.752	5.832	576	720	2.016	2.592

**Valor Z= \$ 31.767.449**

**Tabla 65. Comparación Calculo y diferencia de los Costos Producción Ref.102 NGR-350**

<b>NGR-350</b>	<b>COSTOS PRODUCCION</b>	<b>DIFERENCIA COSTOS PRODUCCION NGR-350</b>	
102C-00-00120030	\$ 33.872.644,06	Costo Produccion	\$ 37.187.238,42
102C-00-00120040	\$ 3.314.594,36	Valor Z	\$ 31.767.449,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 37.187.238,42</b>	<b>TOTAL</b>	<b>-\$ 5.419.789,42</b>

En las tablas 79 y 80 puede observar que al comparar la solución del modelo de programación lineal propuesto es decir el valor Z en con el actual sistema de planificación de la producción de la empresa Cellux Colombiana se genera una reducción en los costos de Producción, en el caso de las Referencias 102 12x30 y 12x40 fabricadas en la máquina NGR-350 es de un 14% es decir se genera una diferencia de \$5.419.789,42 demostrando de esta manera que dicho modelo arroja resultados satisfactorios.

**Máquina ARROW Ref. 563-12x23, 12x40, 48x25, 48x40**

**Tabla 66. Demanda Máquina ARROW Ref. 563-12x23, 12x40, 48x25, 48x40**

<b>ARROW</b>	<b>Ene</b>	<b>feb</b>	<b>Mar</b>	<b>abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>
	Rollos	rollos	Rollos	rollos	Rollos	Rollos
<b>563C-00-00120023</b>	59.124	17.031	65.840	11.158	26.504	11.818
<b>563C-00-00120040</b>	7.656	2.114	5.084	2.880	1.596	3.842
<b>563C-00-00480025</b>	5.130	2.750	9.800	6.563	8.550	350
<b>563C-00-00480040</b>	1.240	1.238	440	1.720	3.000	40

**Tabla 67. Comparación Cálculo y diferencia de los costos producción Ref.563 Máquina ARROW**

<b>ARROW</b>	<b>COSTOS PRODUCCION</b>
563C-00-00120023	\$ 72.948.145,54
563C-00-00120040	\$ 13.427.077,30
563C-00-00480025	\$ 45.865.807
563C-00-00480040	\$ 16.193.020
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 148.434.050</b>

<b>DIFERENCIA COSTOS PRODUCCION ARROW</b>	
Costo Producción	\$ 148.434.050,00
Valor Z	\$ 114.636.305,36
<b>TOTAL</b>	<b>-\$ 33.797.744,64</b>

Las tablas anteriormente descritas se puede evidenciar que al comparar la solución del modelo de programación lineal propuesto es decir el valor Z en con el actual sistema de planificación de la producción de la empresa Cellux Colombiana se genera una reducción en los costos de Producción en el caso de las Referencias 563 12X23, 12x40, 48x25, 48x40 fabricadas en la máquina ARROW de un 22% es decir se genera una diferencia de \$33.797.744,64 demostrando de esta manera que dicho modelo arroja resultados satisfactorios.

**Tabla 68. Demanda Máquina M-3000 Ref. 563-18x23, 18x40, 24x23, 24x40**

<b>M-3000</b>	<b>Ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>May</b>	<b>jun</b>
	Rollos	rollos	rollos	rollos	rollos	rollos
<b>563C-00-00180023</b>	61.622	26.960	46.600	12.848	36.372	8.868
<b>563C-00-00180040</b>	5.208	1.947	3.080	2.816	2.704	1.664
<b>563C-00-00240023</b>	76.320	9.474	59.184	27.253	35.849	8.115
<b>563C-00-00240040</b>	5.904	3.578	6.430	1.642	4.240	1.280

**VALOR Z=\$ 224.558.279**

**Tabla 69. Comparación Calculo y diferencia de los Costos Producción Ref.563 M-3000**

<b>M-3000</b>	<b>COSTOS PRODUCCION</b>
563C-00-00180023	\$ 90.578.983,36
563C-00-00180040	\$ 14.835.175,61
563C-00-00240023	\$ 140.149.648,75
563C-00-00240040	\$ 25.405.709
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 270.969.516</b>

<b>DIFERENCIA COSTOS PRODUCCION M-3000</b>	
Costo Producción	\$ 270.969.516,
Valor Z	\$ 224.558.279
<b>TOTAL</b>	<b>-\$ 46.411.237</b>

Se puede observar en las tablas anteriores que al comparar la solución del modelo de programación lineal propuesto es decir el valor Z en con el actual sistema de planificación de la producción de la empresa Cellux Colombiana se genera una reducción en los costos de Producción en el caso de las Referencias 563 18x23, 18x40, 24x23, 24x40 fabricadas en la máquina M-3000 de un 17% es decir se genera una diferencia de \$46.411.237 demostrando de esta manera que dicho modelo arroja resultados satisfactorios.



**Máquina TS-200 Ref. 700-48x23, 48x40, 48x90 702 48x100, 48X180**

**Tabla 70. Demanda Maquina TS-200 Ref. 700-48x23, 48x40, 48x90 702 48x100, 48X180**

TS-200	Ene	feb	mar	abr	may	jun
	Rollos	rollos	rollos	rollos	rollos	rollos
700C-00-00480023	119.664	81.267	115.955	83.990	60.192	10.512
700C-00-00480040	7.488	7.332	11.952	6.768	9.216	1.440
700C-00-00480090	18.710	28.370	23.417	18.357	15.636	3.672
702C-00-00480100	26.000	14.780	9.062	3.604	10.040	6.248
702C-00-00480180	910	492	288	936	0	1.002

**VALOR Z= \$ 269.272.990,42**

**Tabla 71. Comparación Calculo y diferencia de los Costos Producción Ref.700-702 Máquina TS-200**

TS-200	COSTOS PRODUCCION
700C-00-00480023	\$ 183.746.856
700C-00-00480040	\$ 26.768.188
700C-00-00480090	\$ 146.158.387
702C-00-00480100	\$ 108.954.285
702C-00-00480180	\$ 9.928.695
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 475.556.411</b>

DIFERENCIA COSTOS PRODUCCION TS-200	
Costo Producción	\$ 475.556.411
Valor Z	\$ 269.272.990
<b>TOTAL</b>	<b>-\$ 206.283.421</b>

Se evidencia en la tablas anteriores que al comparar la solución del modelo de programación lineal propuesto es decir el valor Z en con el actual sistema de planificación de la producción de la empresa Cellux Colombiana se genera una reducción en los costos de Producción en el caso de las Referencias 700-48x23, 48x40, 48x90 702 48x100, 48X180 fabricadas en la maquina TS-200 de un 43% es decir se genera una diferencia de \$ 206.283.421 demostrando de esta manera que dicho modelo arroja resultados satisfactorios.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

Para alcanzar los objetivos propuestos y los logros esperados planteados en este estudio se realizó una exhaustiva investigación para concluir con el diseño de un modelo matemático basado en los trabajos de los señores: Nagarur, N., Vrat, P. & Duongsuwan, W. (1997), Jairo Coronado Hernández y Gónzalo Mejía Delgadillo (2005) para programar la planificación de la producción a través de un Plan Maestro bajo un enfoque de programación lineal a fin de poder determinar el tamaño de lotes y minimizar los costos que intervienen en la producción asegurando cumplir con las restricciones del sistema y ante todo satisfacer las necesidades de los clientes.

La importancia de utilizar el modelo de programación lineal mixta y no ningún otro método como por ejemplo los heurísticos, radica en que con estos se obtienen buenas soluciones, pero no necesariamente son las mejores, mientras que con la programación lineal se busca una solución óptima que satisfaga a una función objetivo, de tal forma que sus variables estén sujetas a una serie de restricciones que se expresan mediante un sistema de inecuaciones lineales, las cuales crean un espacio de soluciones factibles del cual se extrae la solución óptima.

Lo anterior fue posible realizarlo gracias a que con la utilización de los diferentes Cursogramas sinóptico y analíticos, diagramas de flujo, recorrido y SIPOCS se elaboró un estudio detallado de la forma como era el sistema de fabricación de la empresa Cellux Colombiana S.A., identificando de esta manera cuáles eran los recursos productivos que intervienen directamente en la planeación de la producción donde se identificaron las diferentes actividades que se realizan en dicho proceso, las herramientas y equipos, las máquinas de cortado y empaque (M-3000, M-250, ARROW, NGR-350, BERRETI, FUNG YUAN, TZ-200, LGR), los insumos y de esta manera asegurar un modelo apropiado dada las características del problema y del sistema de producción de la empresa estudiada.

De igual manera se realizaron los denominados pronósticos de ventas con los cuales se estudió el comportamiento de la demanda de las diferentes referencias de estudio (102, 563, 700 y 702) basado en datos ó registros de ventas ó compras pasados, estas fueron seleccionadas ya que son las que mayor demanda de venta y utilidad generan a la empresa Cellux Colombiana S.A.. Para tal fin se utilizó el programa Statgraphics Centurion IV, el cual es un software o paquete integrado para el análisis estadístico, con el que se pudo realizar un completo análisis de datos, modelos estadísticos, diseño de experimentos y pronósticos ya que cuenta con más de 150 procedimientos para ser empleados en este tipo de problemas. Se escogió esta herramienta y no otra, ya que es práctica y de fácil uso para la realización de los pronósticos, estos permitieron conocer la demanda futura de la referencias estudiadas y de esta manera poder mejorar el nivel de servicio, tener un control sobre los inventarios, liberar órdenes de trabajos a tiempo, identificar necesidades de

programación de horas extras ó subcontratos y en general elegir estrategias tácticas y operativas de producción las cuales se plasmaron en el modelo de programación lineal.

En ese orden de ideas se realizó un modelado del problema que cuenta con datos de costos de producción, inventarios, alistamiento de máquinas, faltantes, tiempos de producción, los cuales son tabulados para una mejor organización y entendimiento de los mismos. Para resolver el problema se construyó una matriz de incidencia en donde se relacionó cada referencia con la máquina en donde es fabricada, con base en el montaje de producción, el cual depende del ancho de la cinta. De esta matriz de incidencia se obtuvieron 5 subgrupos en donde cada uno tiene una sola máquina y varios productos (ver tabla 52 pp. 123).

Para validar el modelo y saber si fue satisfactorio y conveniente para la empresa Cellux Colombiana S.A. se comparó con los datos del primer semestre del año 2009, se siguió la misma dinámica de creación de subproblemas, los datos fueron llevados a unidades de bajadas de producción y el tiempo siguió siendo en minutos, se buscó comparar el costo total de los 6 meses para ver si existieron mejoras y que tan significativas fueron estas; al haber introducido los datos de la demanda real del primer semestre del 2009 se encontraron ahorros de 30%, 14%, 22%, 17% y 43% respectivamente para cada subproblema, de hecho se están disminuyendo los costos de manera significativa, debido a la forma de producir planteada por el modelo, cabe destacar que este modelo incluye inventario de seguridad el cual en la realidad no era utilizado, pero aún así se disminuyeron los costos, esto debido a que el modelo plantea primero utilizar un montaje y fabricar el total de rollos que se han demandado y luego cambiar de montaje y fabricar otra referencia con un montaje distinto, mientras esto sucede los rollos que no están siendo fabricados y están siendo demandados por los clientes, pueden ser despachados gracias al inventario de seguridad, de esta manera se disminuyen los tiempos de entrega a los clientes favoreciendo esto a la empresa, en el servicio al cliente, y al mismo tiempo disminuyo los costos por faltantes o ventas perdidas, evitando que se pierda tanto ganancias como clientes.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

Después de realizado el estudio se plantearon las siguientes recomendaciones:

- Programar la producción basándose en el montaje de producción a fin de disminuir los tiempos de alistamiento entre cambios de montaje, los cuales representan un costo para la empresa.
- Mantener un inventario de seguridad para satisfacer la demanda fluctuante, ya que existe cierta incertidumbre con relación a ella e igualmente con los pronóstico realizados, esto también ayuda a satisfacer la demanda mientras el sistema de producción fabrica otro tipo de referencias.

- Establecer una programación de producción semanal, es decir, que cada semana se fabrique un tipo de referencia y sea apoyada por la fuerza de ventas para que una vez fabricados estos productos sean entregados a sus clientes, de esta manera aumentará el nivel de servicio al cliente y se disminuirán los retrasos en la entrega de los pedidos.
- Ejecutar el modelo propuesto para cada período de tiempo que se quiera evaluar, a fin de utilizarlo como una herramienta de gestión en la toma de decisiones y de esta manera disminuir los costos asociados a la producción.
- Se recomienda a los estudiantes de pregrado continuar con este trabajo en lo que compete a la temática de marketing, logística y ventas para la complementación del mismo.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ADAM, E. & EBERT, R. Administración de la producción y de las operaciones, cuarta edición, Ed. Prentice Hall, México D.F., 1991.
- ARJONA, C. Planeamiento y Control de la Producción. Hispano Europea. España, 1975.
- ARRENDÓ DOS SANTOS, Alister; Pastor Cristóbal, Marco; Yacolca Neyra, Renato, Trabajo de Investigación sobre Planeación Agregada de la Universidad San Martín De Porres, 2008.
- BUFFA, Elwood S., Dirección técnica y administración de la producción, México, D. F: Limusa, 1982.
- CORONADO HERNÁNDEZ, Jairo; MEJÍA DELGADILLO Gonzalo, innovación tecnológica para determinar tamaños de lote en pymes inyectoras de moldes utilizando internet, 2005
- CUEVAS, Enríquez; GARCÍA, Carlos Felipe; Barco, Álvaro, Desarrollo de un plan estratégico para las áreas de mercadeo, producción y administración de Aubol, Cartagena de Indias: J. D. Enríquez Cueva, 1998.
- CHASE, Richard B.; AQUILANO, Nicholas J.; MORALES PEAKE, Ernesto , Dirección y administración de la producción y de las operaciones, 6 ed., Barcelona, 1995.
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, J.A. et. al Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Editorial Mc Graw Hill, Madrid, 1995.
- EILON, S. Planificación, Organización y Control de la Producción. Editorial Labor, Barcelona, 1986.
- GAITHER Norman, Administración de Producción y Operaciones, Thompson Editores, 8º Edición, México D.F. 2005.
- HEIZER Jay; RENDER Barry, Principios de Administración de Operaciones, Pearson Educación, 5ª Edición México D.F., 2004.
- HERNÁNDEZ ROMERO, Omar; Negrón Muñoz David, Introducción a la Ingeniería un enfoque Industrial, Ed. Thompson, 2006.

- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos. BAPTISTA LUCIO, Pilar Metodología de investigación. Mc. Graw Hill. México. 1997.
- HOLTON Wilson. KEATING Barry. Pronóstico para los negocios con ForecastX<sup>mr</sup> basado en Excel. 5ª edición. Mc Graw Hill. México D.F. 2007
- MAKRIDAKIS Spyros. WHEELWRIGTH. Métodos de pronósticos. Limusa Noriega editores. México D.F. 1998
- MEREDITH, J. & Gibbs, T. Administración de operaciones, Ed. Limusa, México D.F, 1986.
- MONKS, J. Administración de operaciones, Ed. Mc Graw Hill, México D.F, .1991.
- NAHMIA, Steven, Análisis de la producción y las operaciones, 5 ed. México D. F.: McGraw-Hill, 2007.
- NAGARUR, N., VRAT, P. & DUONGSUWAN, W. "Production planning and scheduling for injection moulding of pipe fitting-A case study". International journal of Production economics. 53, 1997, 157 – 170.
- GAITHER, Norman; Frazier Greg, Administración de Producción y Operaciones, Editorial Thomson, 2002
- SARACHE CASTRO William Ariel, El proceso de planificación, programación y control de la producción. Una aproximación teórica y conceptual, Universidad Nacional de Colombia, 1999.
- SCHROEDER, R. Administración de operaciones, toma de decisiones en la función de operaciones, 3ª. Ed., Editorial Mc Graw Hill, México, 1992.
- SMITH QUINTERO, Ricardo, Un enfoque de análisis multi-objetivo para la planeación agregada de producción, Red Dyna, 2004.
- SOLANO, Ricardo, Producción. Su organización y administración en el umbral de tercer milenio, Capitulo 12 a 16
- STARR, M., Administración de la producción. Sistemas y síntesis, Ed. Dossat S.A., Madrid, 1979.

- TABOADA, R. Administración de la Producción y las Operaciones. Alfa y Omega Interamericana. Colombia, 1995.
- TAMAYO y TAMAYO Mario. (1998). El Proceso de la Investigación. Limusa Noriega Editores. Tercera Edición
- TAWFIK, L. & Chauvel, A.M. Administración de la producción, Ed. Mc Graw Hill, México D.F, 1992.
- TORRES ACOSTA, Jairo Humberto; DE CALDAS, Francisco José, Procedimiento para la planeación agregada en la pequeña y mediana industria manufacturera aplicación al sector industrial Colombiano, Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá-Colombia, 2002.

# Anexos



**ANEXOS A  
RECURSOS ADMINISTRATIVOS**

**RECURSOS HUMANOS**

Estudiantes - investigadores:

- ✗ **JAIME AUGUSTO LEYVA CÉSPEDES**
- ✗ **MARÍA VICTORIA RAMOS RUIZ**

Tutor:

- ✗ **JAIRO RAFAEL CORONADO HERNÁNDEZ.** Ingeniero Industrial de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Magister en Ingeniería de la Universidad de los Andes, UA, Colombia.

Asesor Metodológico:

- ✗ **ADALGIZA CÉSPEDES DE LEYVA.** Trabajadora Social. Técnico Administrativo en Relaciones Industriales del Servicio Nacional de Aprendizaje Sena. Especialidad en Gerencia de RR.HH de la Universidad de la EAN en convenio con la Escuela Naval Almirante Padilla.

**RECUROS FINANCIEROS**

<b>Presupuesto</b>		
<b>RUBROS</b>	<b>Vr. PARCIAL</b>	<b>Vr. TOTAL</b>
<b>TRANSPORTE</b>		<b>\$170.000</b>
Buses	70.000	
Taxis	100.000	
<b>FOTOCOPIAS Y TRANSCRIPCIÓN</b>		<b>\$800.000</b>
Fotocopia	100.000	
Transcripciones e impresiones de anteproyecto, correcciones e Informe final del trabajo.	700.000	
<b>GASTOS DE PAPELERIA Y UTILES</b>		<b>\$146.000</b>
Carpetas	21.000	
Papelería	50.000	
Memoria USB	60.000	
CD	15.000	
<b>GASTOS VARIOS</b>		<b>\$500.000</b>
Refrigerios	100.000	
Imprevistos	200.000	
Internet	200.000	
<b>TOTAL</b>		<b>\$1'616.000</b>

**Financiación del proyecto.** El estudio será financiado con recursos propios del grupo investigador.

**ANEXO B  
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL PROCESO INVESTIGATIVO	Año 2009																																			
	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Sep.				Octubre				Noviembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión Bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Escogencia y análisis tentativo del tema a investigar					■	■	■	■																												
Socialización del tema en reunión con asesor									■	■																										
Ubicación de contacto en Cellux Colombiana S.A.										■	■																									
Autorización de Cellux Colombiana S.A.										■	■																									
Revisión y Elaboración de antecedentes										■	■																									
Elaboración de Justificación.										■	■																									
Planteamiento y formulación del problema											■	■																								
Recopilar información											■	■	■	■																						
Organización y elaboración de la propuesta														■	■	■																				
Entrega de la propuesta al comité															■	■																				
Respuesta de aprobación del comité																				■																
Organización del anteproyecto															■	■	■	■																		
Elaboración del Anteproyecto																	■	■																		
Revisión de anteproyecto por asesor																		■	■																	

ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL PROCESO INVESTIGATIVO	Año 2009																																			
	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Sep.				Octubre				Noviembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Entrega del Anteproyecto																																				
Informe del comité curricular (aprobación del anteproyecto)																																				
Recopilación de los datos para hacer el modelo.																																				
Análisis de la información.																																				
Elaboración final del modelo																																				
Cotejar el modelo nuevo con el anterior																																				
Organización del Informe Final.																																				
Elaboración del Informe Final.																																				
Revisión de informe final por el tutor																																				
Revisión del informe final por el asesor metodológico																																				
Revisión y ajustes del informe final por el grupo investigador																																				
Prueba del modelo en la empresa																																				
Entrega del Informe Final																																				
Sustentación																																				

**ANEXO C.  
TABLA DE CALCULOS DATOS PRODUCCIÓN E INVENTARIOS UTILIZANDO LOS PRONÓSTICOS (CAP. 4)**

**Formulas Utilizadas para la realizacion de los calculos**

Produccion rollos = (Produccion bajadas x Rollos/Bajada)  
 Inventario rollos = (Inventario Bajadas x Rollos/Bajada)  
 Cantidad de dias = ((Capacidad utilizada/60minutos)/24horas)

***Maquina NGR-350***

Esta maquina fabrica dos referencias 102C-12X30 y la 102C-12X40 al ingresar los datos en el programa GAMS este arrojo los siguientes resultados:

- **Costo de Produccion Ref. 102C-12X30 y la 102C-12X40 Z= \$ 34.841.925**

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 102C-12X30**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	27442	5.090	275	36575	107	14231	576	14,0
ago-09	36789	14231	277	36841	107	14231	528	14,7
sep-09	28311	14231	213	28329	107	14231	528	13,3
oct-09	40613	14231	305	40565	107	14231	576	16,8
nov-09	40459	14231	304	40432	107	14231	600	17,8
dic-09	31318	14231	235	31255	107	14231	552	14,7

**Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS**

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 102C-12X40**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	3519	7.712	0	0	32	4256	576	14,04
ago-09	3787	1729	9	1197	13	1729	528	14,66
sep-09	5190	1729	39	5187	13	1729	528	13,32
oct-09	2937	1729	22	2926	13	1729	576	16,78
nov-09	5320	1729	40	5320	13	1729	600	17,78
dic-09	5959	1729	45	5985	13	1729	552	14,73

**Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS**

***Maquina M-3000***

Esta maquina fabrica dos referencias 563C-18X23 , 563C-18X40, 563C-24x23, 563C-24X40 al ingresar los datos en el programa GAMS este arrojo los siguientes resultados:

- Costo de Produccion Ref. 563C-18X23 , 563C-18X40, 563C-24x23, 563C-24X40  
Z= \$ 216.956.085,62

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 563C-18X23**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	35597	62	505	43935	97	8439	576	40,7
ago-09	27472	8439	316	27492	97	8439	528	25,4
sep-09	29445	8439	338	29406	97	8439	528	24,6
oct-09	32426	8439	373	32451	97	8439	576	30,2
nov-09	44833	8439	515	44805	97	8439	600	33,8
dic-09	28242	8439	325	28275	97	8439	552	24,0

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 563C-18X40**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	2171	120	88	7656	64	5568	576	40,72
ago-09	6064	5568	70	6090	64	5568	528	25,42
sep-09	1681	5568	19	1653	64	5568	528	24,56
oct-09	1088	5568	13	1131	64	5568	576	30,15
nov-09	1852	5568	21	1827	64	5568	600	33,81
dic-09	866	5568	10	870	64	5568	552	23,98

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 563C-24x23**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	41110	0	723	46995	100	6500	576	40,72
ago-09	30773	6500	473	30745	100	6500	528	25,42
sep-09	31018	6500	477	31005	100	6500	528	24,56
oct-09	40606	6500	625	40625	100	6500	576	30,15
nov-09	41168	6500	633	41145	100	6500	600	33,81
dic-09	30697	6500	472	30680	100	6500	552	23,98

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

**Tabla Datos Produccion e Inventario Ref. 563C-24x40**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	3768	0	124	8060	66	4290	576	40,72
ago-09	1946	4290	30	1950	66	4290	528	25,42

sep-09	1967	4290	30	1950	66	4290	528	24,56
oct-09	3031	4290	47	3055	66	4290	576	30,15
nov-09	2168	4290	33	2145	66	4290	600	33,81
dic-09	2310	4290	36	2340	66	4290	552	23,98

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

### Maquina ARROW

Esta maquina fabrica dos referencias 563C-12X23 , 563C-12X40 , 563C-48x25, 563C-48X40 al ingresar los datos en el programa GAMS este arrojo los siguientes resultados:

- **Costo de Produccion Ref. 563C-12X23 , 563C-12X40 , 563C-48x25, 563C-48X40**  
Z= \$ 128.574.907,36

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 563C-12X23**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	37790	16	355	47215	72	9576	576	47,1
ago-09	33067	9576	249	33117	72	9576	528	25,4
sep-09	40646	9576	306	40698	72	9576	528	28,1
oct-09	20996	9576	158	21014	72	9576	576	18,9
nov-09	30916	9576	232	30856	72	9576	600	23,5
dic-09	25052	9576	188	25004	72	9576	552	19,2

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 563C-12X40**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	3100	0	70	9310	47	6251	576	47,05
ago-09	2569	6251	19	2527	47	6251	528	25,39
sep-09	2680	6251	20	2660	47	6251	528	28,10
oct-09	2557	6251	19	2527	47	6251	576	18,93
nov-09	2004	6251	15	1995	47	6251	600	23,47
dic-09	1647	6251	12	1596	47	6251	552	19,18

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 563C-48x25**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	8523	8	280	9240	76	2508	576	47,05
ago-09	5579	2508	169	5577	76	2508	528	25,39
sep-09	5867	2508	178	5874	76	2508	528	28,10
oct-09	5641	2508	171	5643	76	2508	576	18,93
nov-09	5571	2508	169	5577	76	2508	600	23,47
dic-09	4126	2508	125	4125	76	2508	552	19,18

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 563C-48x40**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	1796	0	87	2871	109	3597	576	47,05
ago-09	1622	3597	49	1617	109	3597	528	25,39
sep-09	901	3597	27	891	109	3597	528	28,10
oct-09	930	3597	28	924	109	3597	576	18,93
nov-09	1098	3597	33	1089	109	3597	600	23,47
dic-09	1348	3597	41	1353	109	3597	552	19,18

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

**Maquina TS-200**

Esta maquina fabrica dos referencias 700C-48X23 , 700C-48X40, 700C-48X90, 702C-48X40, 702C-48X100 al ingresar los datos en el programa GAMS este arrojo los sigueintes resultados:

- **Costo de Produccion Ref. 700C-48X23 , 700C-48X40, 700C-48X90, 702C-48X40, 702C-48X100 Z= \$ 552.980.564**

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 700C-48X23**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	94942,6	10486	2880	100800	467	16345	576	99.17
ago-09	81760,7	16345	2336	81760	467	16345	528	87,7
sep-09	78839,9	16345	2253	78855	467	16345	528	89,3
oct-09	78260,8	16345	2236	78260	467	16345	576	100,8
nov-09	67825,7	16345	1971	68985	467	16345	600	109,7
dic-09	68982,6	16345	202	7070	467	16345	552	139,2

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 700C-48X40**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	94942,6	10486	2880	100800	467	16345	576	99,17
ago-09	81760,7	16345	2336	81760	467	16345	528	87,67
sep-09	78839,9	16345	2253	78855	467	16345	528	89,27
oct-09	78260,8	16345	2236	78260	467	16345	576	100,81
nov-09	67825,7	16345	1971	68985	467	16345	600	109,70
dic-09	68982,6	16345	202	7070	467	16345	552	139,25

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 700C-48X90**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	30267	5199	790	27650	74	2590	576	99,17
ago-09	25849	2590	739	25865	74	2590	528	87,67
sep-09	25601	2590	731	25585	74	2590	528	89,27
oct-09	39574	2590	1131	39585	74	2590	576	100,81
nov-09	63386	2590	2957	103495	74	2590	600	109,70
dic-09	103507	2590	414	14490	74	2590	552	139,25

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 702C-48X40**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	13830	1930	414	14490	74	2442	576	99,17
ago-09	11582	2442	331	11585	74	2442	528	87,67
sep-09	16058	2442	459	16065	74	2442	528	89,27
oct-09	18746	2442	536	18760	74	2442	576	100,81
nov-09	13830	2442	395	13825	74	2442	600	109,70
dic-09	11582	2442	331	11585	74	2442	552	139,25

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GAMS

**Tabla. Datos Produccion e Inventario Ref. 702C-48X100**

Meses	DEMANDA DE ROLLOS	INVENTARIO INICIAL DE ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO		CAPACIDAD (horas)	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS	(t)DISPONIBLE	(t)UTILIZADO
jul-09	13821	0	436	15260	41	1435	576	99,17
ago-09	11574	1435	331	11585	41	1435	528	87,67
sep-09	16048	1435	459	16065	41	1435	528	89,27
oct-09	18734	1435	535	18725	41	1435	576	100,81
nov-09	13821	1435	395	13825	41	1435	600	109,70
dic-09	11574	1435	331	11585	41	1435	552	139,25

Fuente: Registros Cellux Colombiana S.A. ingresados en GA

**Costo Total de Producción = \$ 1.016.879.368**



**ANEXO D**  
**TABLAS CALCULO DATOS DEL PRIMER SEMESTRE DE 2009 PARA COMPARACION DEL**  
**MODELO ACTUAL CON EL PROPUESTO**

**Tabla. Cálculo datos ref. 102 12x5**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	464184	107.230	3421	454993	737	98021
feb-09	293328	98021	2205	293265	737	98021
mar-09	108864	98021	819	108927	737	98021
abr-09	77942	98021	586	77938	737	98021
may-09	186563	98021	1403	186599	737	98021
jun-09	170900	98021	1285	170905	737	98021

**Tabla. Calculo datos ref. 102 12x20**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	14112	17.772	53	7049	81	10773
feb-09	10368	10773	78	10374	81	10773
mar-09	3024	10773	23	3059	81	10773
abr-09	5616	10773	42	5586	81	10773
may-09	9648	10773	73	9709	81	10773
jun-09	1872	10773	14	1862	81	10773

**Tabla. Calculo Datos ref. 102 12x30**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	37320	11.572	301	40033	107	14231
feb-09	66930	14231	503	66899	107	14231
mar-09	18108	14231	136	18088	107	14231
abr-09	29160	14231	219	29127	107	14231
may-09	19709	14231	148	19684	107	14231
jun-09	31320	14231	235	31255	107	14231

**Tabla. Calculo Datos ref. 102 12x40**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	4752	9.241	0	0	33	4389
feb-09	5832	1729	24	3192	13	1729
mar-09	576	1729	4	532	13	1729
abr-09	720	1729	5	665	13	1729
may-09	2016	1729	15	1995	13	1729
jun-09	2592	1729	19	2527	13	1729

**Tabla. Calculo Datos ref. 563 102 12x23**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	37790	57	512	68096	72	9576
feb-09	33067	9576	128	17024	72	9576
mar-09	40646	9576	495	65835	72	9576
abr-09	20996	9576	84	11172	72	9576
may-09	30916	9576	199	26467	72	9576
jun-09	25052	9576	89	11837	72	9576

**Tabla. Calculo Datos ref. 563 12X40**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	3100	0	104	13832	47	6251
feb-09	2569	6251	16	2128	47	6251
mar-09	2680	6251	38	5054	47	6251
abr-09	2557	6251	22	2926	47	6251
may-09	2004	6251	12	1596	47	6251
jun-09	1647	6251	29	3857	47	6251

**Tabla. Calculo Datos ref. 563 48X25**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	8523	0	178	5874	23	759
feb-09	5579	759	83	2739	23	759
mar-09	5867	759	297	9801	23	759
abr-09	5641	759	199	6567	23	759
may-09	5571	759	259	8547	23	759
jun-09	4126	759	11	363	23	759

**Tabla. Calculo Datos ref. 563 48X40**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	1796	0	71	2343	33	1089
feb-09	1622	1089	38	1254	33	1089
mar-09	901	1089	13	429	33	1089
abr-09	930	1089	52	1716	33	1089
may-09	1098	1089	91	3003	33	1089
jun-09	1348	1089	1	33	33	1089

**Tabla. Calculo Datos ref. 563 18X23**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	35597	656	802	69774	97	8439
feb-09	27472	8439	310	26970	97	8439
mar-09	29445	8439	536	46632	97	8439
abr-09	32426	8439	148	12876	97	8439
may-09	44833	8439	418	36366	97	8439
jun-09	28242	8439	102	8874	97	8439

**Tabla. Calculo Datos ref. 563 18X40**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	2171	133	125	10875	65	5655
feb-09	6064	5655	22	1914	65	5655
mar-09	1681	5655	35	3045	65	5655
abr-09	1088	5655	32	2784	65	5655
may-09	1852	5655	31	2697	65	5655
jun-09	866	5655	19	1653	65	5655

**Tabla. Calculo Datos ref. 563 24X23**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	41110	239	1273	82745	100	6500
feb-09	30773	6500	146	9490	100	6500
mar-09	31018	6500	911	59215	100	6500
abr-09	40606	6500	419	27235	100	6500
may-09	41168	6500	552	35880	100	6500
jun-09	30697	6500	125	8125	100	6500

**Tabla. Calculo Datos ref. 563 24X40**

Meses	Demanda Rollos	Inventario Inicial Rollos	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	3768	0	157	10205	66	4290
feb-09	1946	4290	55	3575	66	4290
mar-09	1967	4290	99	6435	66	4290
abr-09	3031	4290	25	1625	66	4290
may-09	2168	4290	65	4225	66	4290
jun-09	2310	4290	20	1300	66	4290

**Tabla. Calculo Datos ref. 700 48X23**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	94942,6	62818	2091	73185	467	16345
feb-09	81760,7	16345	2322	81270	467	16345
mar-09	78839,9	16345	3313	115955	467	16345
abr-09	78260,8	16345	2400	84000	467	16345
may-09	67825,7	16345	1720	60200	467	16345
jun-09	68982,6	16345	300	10500	467	16345

**Tabla. Calculo Datos ref. 700 48X40**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	11860	0	314	10990	100	3500
feb-09	14398	3500	209	7315	100	3500
mar-09	11684	3500	341	11935	100	3500
abr-09	9812	3500	193	6755	100	3500
may-09	15387	3500	263	9205	100	3500
jun-09	19910	3500	41	1435	100	3500

**Tabla. Calculo Datos ref. 700 48X90**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	30267	11	608,69	21304	74	2590
feb-09	25849	2590	811	28385	74	2590
mar-09	25601	2590	669	23415	74	2590
abr-09	39574	2590	524	18340	74	2590
may-09	63386	2590	447	15645	74	2590
jun-09	103507	2590	105	3675	74	2590

**Tabla. Calculo Datos ref. 702 48X40**

MESES	DEMANDA ROLLOS	INVENTARIO INICIAL ROLLOS	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
ene-09	13830	1200	783	27405	74	2442
feb-09	11582	2442	422	14770	74	2442
mar-09	16058	2442	259	9065	74	2442
abr-09	18746	2442	103	3605	74	2442
may-09	13830	2442	287	10045	74	2442
jun-09	11582	2442	179	6265	74	2442

**Tabla. Calculo Datos ref. 702 48X100**

Meses	Demanda Rollos	Inventario Inicial Rollos	PRODUCCION		INVENTARIO	
			BAJADAS	ROLLOS	BAJADAS	ROLLOS
<b>ene-09</b>	910	3979	0	0	118	4130
<b>feb-09</b>	492	3640	0	0	104	3640
<b>mar-09</b>	288	3360	0	0	96	3360
<b>abr-09</b>	936	2415	2	70	69	2415
<b>may-09</b>	0	2415	0	0	69	2415
<b>jun-09</b>	1002	1435	29	1015	41	1435