

Balanceo de carga de producción en industria metalmecánica bajo escenarios de demanda incierta

• **TESIS EMBA** || Horacio Piantanida •

UNIVERSIDAD TORCUATO DI TELLA
EXECUTIVE MBA 2008-2009



Tesis EMBA

Horacio Piantanida

***Balanceo de carga de producción
en industria metalmecánica bajo
escenarios de demanda incierta***

Agradecimientos

A todo el personal de la empresa que colaboró intensamente para brindarme toda la información necesaria para elaborar este trabajo, especialmente a mi hermano Gabriel por su contribución y valiosa experiencia profesional; a mi esposa e hijos por el soporte permanente y su comprensión a lo largo de todo el tiempo que demandó; y particularmente al Profesor Gustavo Vulcano por su guía y aportes recibidos a lo largo del mismo.

Balanceo de carga de producción en industria metalmecánica bajo escenarios de demanda incierta

Contenidos

- **Introducción – Sumario** 8

Secciones

- (1) **Antecedentes de la industria y del sector** 11
- (2) **Análisis de los datos históricos de la empresa** 31
- (3) **Determinación de los perfiles históricos de demanda** 43
- (4) **Planteo de escenarios para la demanda proyectada (*forecasting*)** 61
- (5) **Desarrollo del modelo de simulación para la elaboración de las proyecciones de los perfiles de demanda agregada para cada escenario** 67
- (6) **Planteo del esquema de planeación agregada (planes de producción agregada, programas maestros de producción, sistemas de planeación de requerimientos de materiales y recursos)** 89
- (7) **Programación óptima de operaciones en el taller de producción** 97
- (8) **Conclusiones** 113
- (9) **Bibliografía y referencias** 119

Anexos

- **Índice de Anexos** 121
- **Anexos Sección (1)** 123
- **Anexos Sección (2)** 124
- **Anexos Sección (5)** 125
- **Anexos Sección (6)** 135
- **Anexos Sección (7)** 145

Introducción – Sumario

El objetivo del trabajo es desarrollar un modelo analítico que permita proyectar y optimizar la capacidad de respuesta de los recursos productivos y de los procesos de ingeniería, manufactura y soporte técnico en una empresa fabricante de máquinas y equipos para la industria de procesos, de tamaño PyME y con más de 40 años de presencia en el mercado, para lograr alcanzar una sustancial mejora en nivel de servicio, lo que debería reflejarse en una atención más satisfactoria de los requerimientos de los clientes bajo escenarios de demanda variable y marcadamente fluctuante, pero con niveles de agregación significativos.

Existe mucha bibliografía disponible sobre los temas fundamentales abordados por el trabajo: pronósticos de demanda, análisis de producción y administración estratégica de operaciones. Sin embargo, el desafío particular del trabajo se presenta en relación con dos características importantes asociadas a los objetivos planteados:

- a) se propone aplicar el modelo a una empresa de tamaño y organización del tipo PyME, con las restricciones que eso significa;
- b) las características de la industria se complican sensiblemente en el marco de contextos macroeconómicos marcadamente volátiles como los que atraviesa permanentemente la Argentina.

Por lo tanto, se procura adaptar las técnicas y conceptos existentes pero teniendo en cuenta esas condiciones particulares de la industria objetivo.

La hipótesis del trabajo se sustenta, en consecuencia, en demostrar la pertinencia de las herramientas que proveen las técnicas de *data mining*, modelización, simulación y optimización de operaciones para ser aplicadas a empresas que – al igual que la empresa testigo - desarrollan modelos de negocios sujetos a perfiles de demanda fuertemente variables y con niveles de agregación intensos (sin patrones aparentes de comportamiento fácilmente identificables) y con la complejidad adicional aportada por la oferta de un portafolio de productos y servicios muy amplio, y por la dispersión de mercados atendidos, basándose sobre la estructura organizacional de una empresa mediana o pequeña. La paradoja que desafía el trabajo se presenta a partir de la consideración del factor fundamental que implica el hecho de que es precisamente esa flexibilidad en la capacidad de tales empresas para adaptar su respuesta a necesidades tan variantes por parte de sus clientes, la clave en la que se soportan sus estrategias competitivas, pero a la vez, es esta misma exigencia de permanente adaptación a la demanda aleatoria la que conspira para poder optimizar recursos y procesos que les permitan alcanzar niveles de calidad de servicio altamente satisfactorios.

El trabajo se enmarca dentro de la estrategia de operaciones, y los resultados de la aplicación del modelo a desarrollar facultarán a la dirección de la empresa para definir lineamientos que ayuden a formular las bases para el diseño y la implementación de un plan estratégico de mediano y largo plazo.

Del análisis de las capacidades y recursos han de poder identificarse aquellas competencias claves y sus correspondientes *drivers* que, de desarrollarse apropiadamente, permitirán alcanzar niveles interesantes de efectividad operacional, y así generar ventajas competitivas que seguramente podrán traducirse en una

performance diferencial dentro del mercado y en una mayor creación de valor para la compañía y para sus clientes.

El trabajo proporciona una herramienta analítica que contribuye a acordar la manera óptima de gestionar los recursos disponibles en la empresa, evaluando la capacidad de respuesta de los procesos productivos frente a las distintas condiciones de demanda.

Como consecuencia de lo anterior, se podrán determinar y definir,

- Pronósticos de demanda esperada y su traducción a programas específicos de requerimientos de producción
- Cuellos de botella en los procesos
- Niveles de eficiencia operativa y de utilización de capacidad
- Tiempos de ciclo para completar la producción
- Necesidades de adaptar el *staffing*
- Conveniencia o no de recurrir a proveedores externos para reforzar la capacidad productiva
- Niveles de inventario óptimo a mantener; materiales directos, *work-in-process*, partes y repuestos comunes
- entre otros factores.

El modelo considera información histórica correspondiente a períodos recientes, y datos estadísticos del sector y de la industria en su conjunto.

Se incorporan herramientas estocásticas que permiten proyectar niveles de demanda esperada bajo diferentes escenarios (baja, normal y alta demanda). El modelo de análisis se ha diseñado en base a instrumentos de simulación dinámica, considerando la introducción de variables aleatorias con distribuciones de frecuencia predeterminadas.

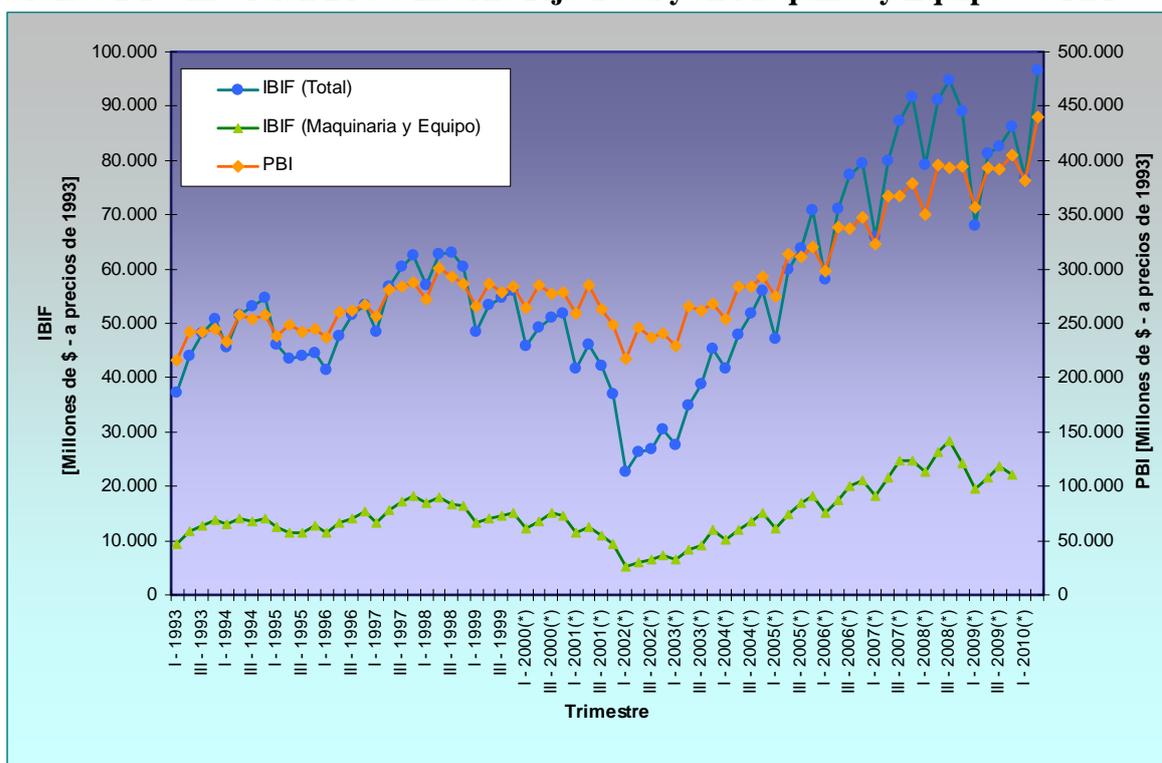
En base a dichas proyecciones de escenarios y el análisis de operaciones y procesos, se plantean y resuelven problemas de demanda agregada, de administración de colas trabajos en espera y de gestión de cadena de suministro, considerando las implicancias de la extensión del modelo a toda la cadena de valor (proveedores, *outsourcing*, servicios en planta, etc.)

Sección 1 - Antecedentes de la industria y del sector

1a) Análisis fundamental de indicadores

La industria de bienes de capital ha mostrado históricamente un comportamiento pro cíclico muy acentuado que se refleja a nivel macro a través de una correlación positiva entre Inversión Bruta Interna Fija (IBIF) en general – y en particular reflejada en la inversión bruta en máquinas y equipos como bienes durables – y el crecimiento del Producto Bruto Interno (PBI) [ver Gráfico 1.1 y Tabla 1.1].

Gráfico 1.1 – Inversión Bruta Interna Fija Total y en Máquinas y Equipos vs PBI



Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

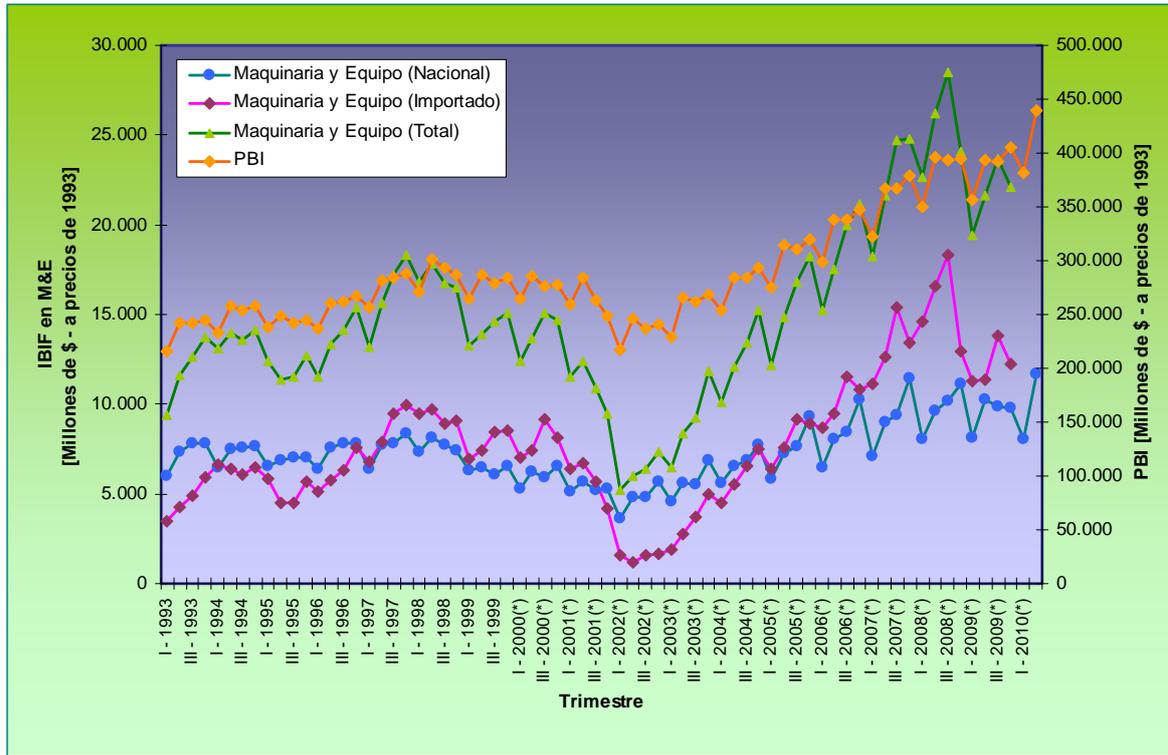
Tabla 1.1
Coeficiente de correlación PBI vs IBIF y vs Máq. & Equipos (1993-2010)

	PBI	IBIF	M&E
PBI	1		
IBIF	0,93926020	1	
M&E	0,90610104	0,98640522	1

Efectivamente, se verifica una elevada correlación entre la evolución del PBI y la IBIF total (0,94) y también entre el PBI y la inversión específica en bienes durables como máquinas y equipos (0,91).

Asimismo, la apertura del bloque de bienes durables en máquinas y equipos nacionales e importados permite separar la inversión interna bruta fija en estos dos rubros y comparar su evolución frente a la inversión bruta total y frente al comportamiento del PBI [ver Gráfico 1.2 y Tablas 1.2 y 1.3).

Gráfico 1.2 – Inversión Bruta Interna Fija en Máquinas y Equipos vs PBI



Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

Tabla 1.2
Coeficiente de correlación PBI vs IBIF (Máq. & Equipos)
(1993-2010)

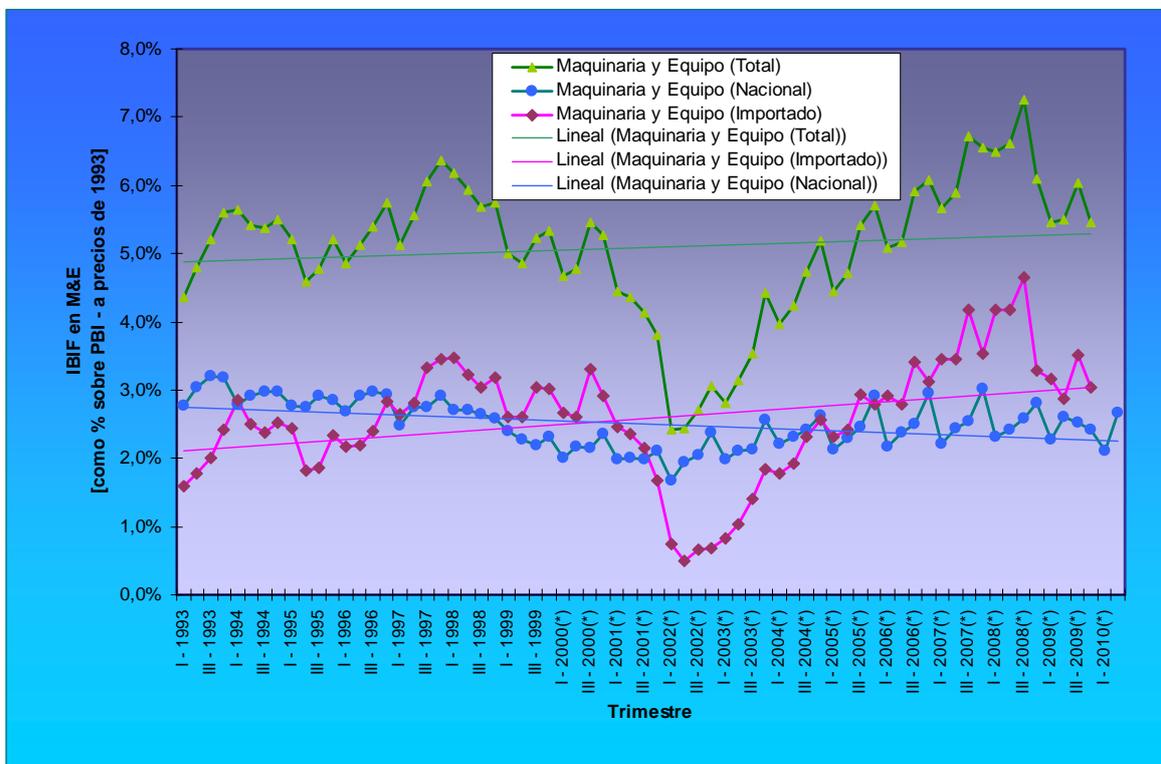
	PBI	M&E (nac)	M&E (imp)	M&E (total)
PBI	1			
M&E (nac)	0,82395934	1		
M&E (imp)	0,8842925	0,79586238	1	
M&E (total)	0,90610104	0,90030352	0,98005946	1

Tabla 1.3
Coeficiente de correlación PBI vs IBIF (Máq. & Equipos)
(2001-2010)

	PBI	M&E (nac)	M&E (imp)	M&E (total)
PBI	1			
M&E (nac)	0,94107249	1		
M&E (imp)	0,9199016	0,85907889	1	
M&E (total)	0,95633088	0,9328743	0,9857796	1

Esta tendencia se ve reforzada durante la última década, a partir de la salida de la convertibilidad, período en el que se verifica un notable cambio de tendencia, tanto en el crecimiento del PBI, como en las tasas de IBIF sobre el PBI (ver Gráfico 1.3).

Gráfico 1.3 – Tasa de Inversión Bruta Interna Fija en Máquinas y Equipos sobre PBI



Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

En efecto, del análisis de las series de tasas de Inversión Interna Bruta Fija sobre PBI durante los últimos 20 años, surge que el índice histórico durante la primera década del período considerado mostró una tendencia a consolidar dicha tasa en el rango del 18% al 21% con máximos relativos durante el año 1998, para bajar a un mínimo histórico del 10,5% en el I trimestre del año 2002. A partir de entonces, el ritmo de inversión se ha venido recuperando de manera casi ininterrumpida, alcanzando un máximo histórico del 24,1% durante el III trimestre del año 2008. Esta tendencia se ha sostenido con excepción del año 2009, en el que la repercusión local de la crisis financiera global ha afectado transitoriamente la recuperación en una coyuntura que parece haberse superado a partir del I trimestre del corriente año. En forma consistente con estos indicadores, respecto de la inversión en bienes durables - y en particular en el bloque de máquinas y equipos - se ha verificado una correlación muy importante con las tasas de inversión total en bienes de capital, con porcentajes variando entre el 4,5% y el 6,0% durante la primera década del período analizado, y dando máximos relativos también durante el año 1998 y mínimos históricos del 2,4% en el I trimestre del año 2002. Nuevamente se evidencia un incremento sostenido a partir del año 2003, alcanzando en el último trienio la mayor expansión.

A través de un análisis de regresión lineal, puede calcularse la tendencia en la evolución del ritmo de inversión a lo largo de las últimas dos décadas.

Dado el perfil particular de las curvas de inversión manifestado durante el período analizado, durante el cual se verifica una profunda retracción desde finales de la década del 90 hasta fines del año 2002, se ha considerado conveniente separar el análisis de tendencia en dos subperíodos: 1993 hasta fines de 2000 y 2001 hasta el II trimestre de 2010.

El análisis de regresión se aplica tanto al perfil de inversión total (IBIF) como al correspondiente al segmento de bienes durables como máquinas y equipos [ver Gráficos 1.4 y 1.5, y Tablas 1.4 y 1.5].

Gráfico 1.4 – Tasa de Inversión Bruta Interna Fija Total sobre PBI (Rectas de regresión lineal)

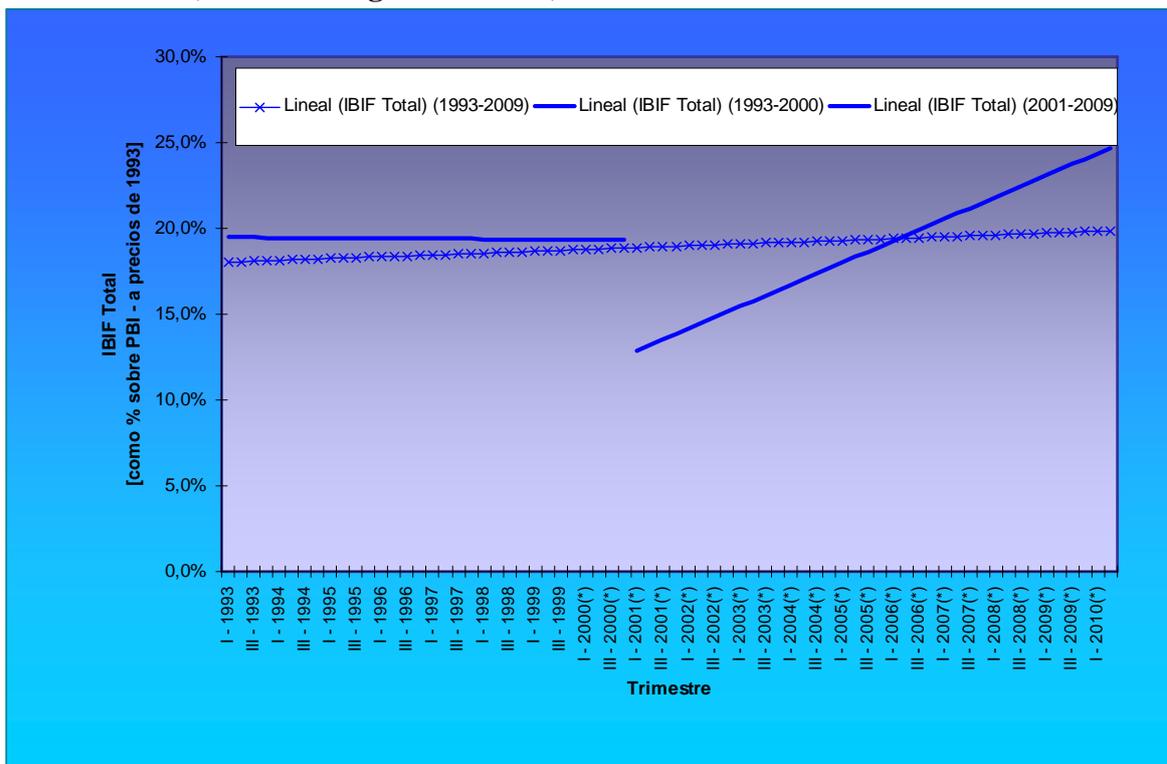


Tabla 1.4
Regresión lineal para IBIF Total (1993 a 2010)

IBIF (Total)	Regresión lineal (1993-2009)		Regresión lineal (1993-2000)		Regresión lineal (2001-2009)	
	pendiente m (%/Trim)	intersección b (%)	pendiente m (%/Trim)	intersección b (%)	pendiente m (%/Trim)	intersección b (%)
PBI						
IBIF (Total)	0,02642%	18,003%	-0,00481%	19,483%	0,31856%	2,393%
Δ Período	1,902%		-0,154%		12,742%	
Acumulado proyectado al final del período		19,906%		19,137%		25,329%

El análisis de regresión aplicado a la tasa de inversión bruta total permite reconocer que desde una década en la cual el ritmo de inversión pareció quedar consolidado alrededor del 19% sobre PBI, la tendencia y proyección del ritmo actual de inversión, a partir de

la recuperación marcada experimentada después de la crisis post-convertibilidad, podría llevar dicha tasa a niveles de aproximadamente el 25% sobre PBI – estadio que de hecho se hubiese seguramente alcanzado de no ser por el impacto de la crisis económica-financiera global mencionada que afectó las decisiones de corto plazo en forma coyuntural durante el último trimestre del año 2008 y buena parte del año 2009 – pero que seguramente pueda revertirse en el corto plazo en un contexto sostenidamente favorable para las condiciones macro de la economía local.

Una situación equivalente parece repetirse al aplicar el análisis de regresión al sector de máquinas y equipos, para el cual se evidencia una primera etapa sostenida apenas por encima del 5% sobre PBI, pero en un proceso de preferencia sobre los bienes importados a partir de un proceso de sustitución de bienes nacionales fundamentado en un tipo de cambio real relativamente bajo y la política de apertura de la economía concordante con este esquema cambiario. Sin embargo, la tendencia nuevamente se acelera sustancialmente a partir de la salida de la convertibilidad y las condiciones favorables para la producción nacional, que permitirían proyectar un nivel de inversión en este bloque que alcanzaría y podría sostenerse por encima del 7% sobre PBI, aún pese a la retracción temporal derivada de la reciente crisis mundial.

Grafico 1.5 – Tasa de Inversión Bruta Interna Fija en Máquinas y Equipos sobre PBI (Rectas de regresión lineal)

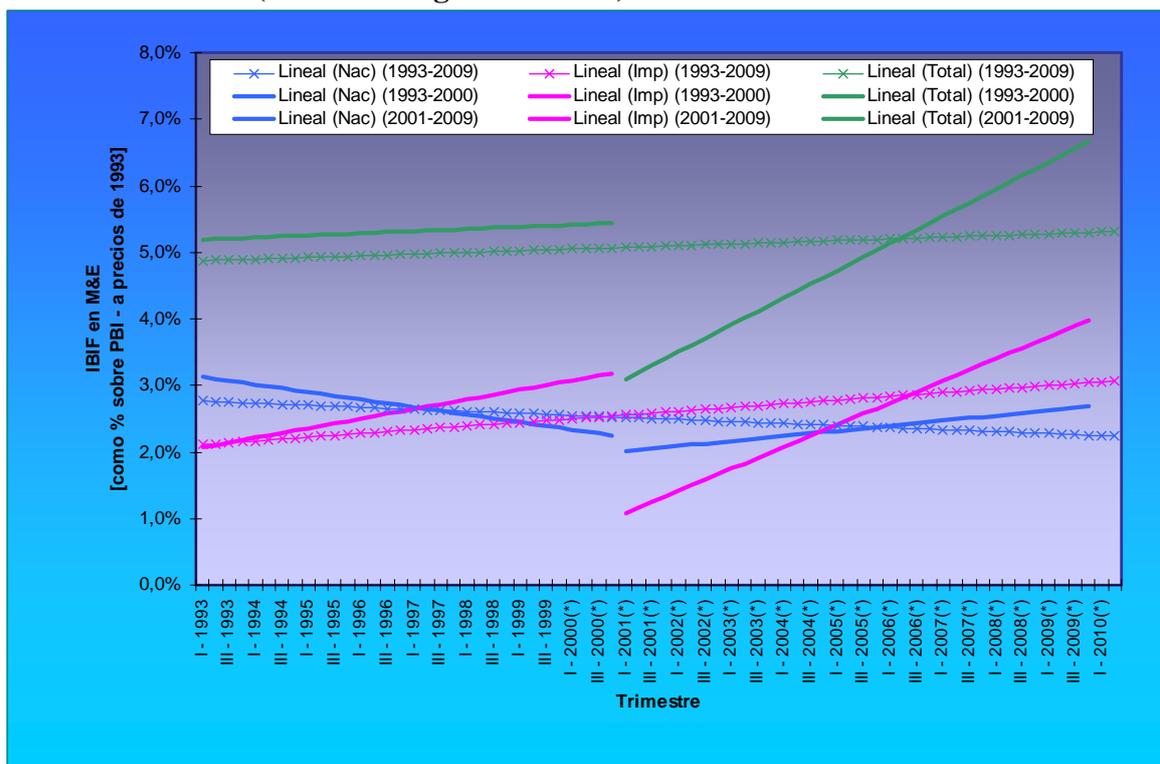
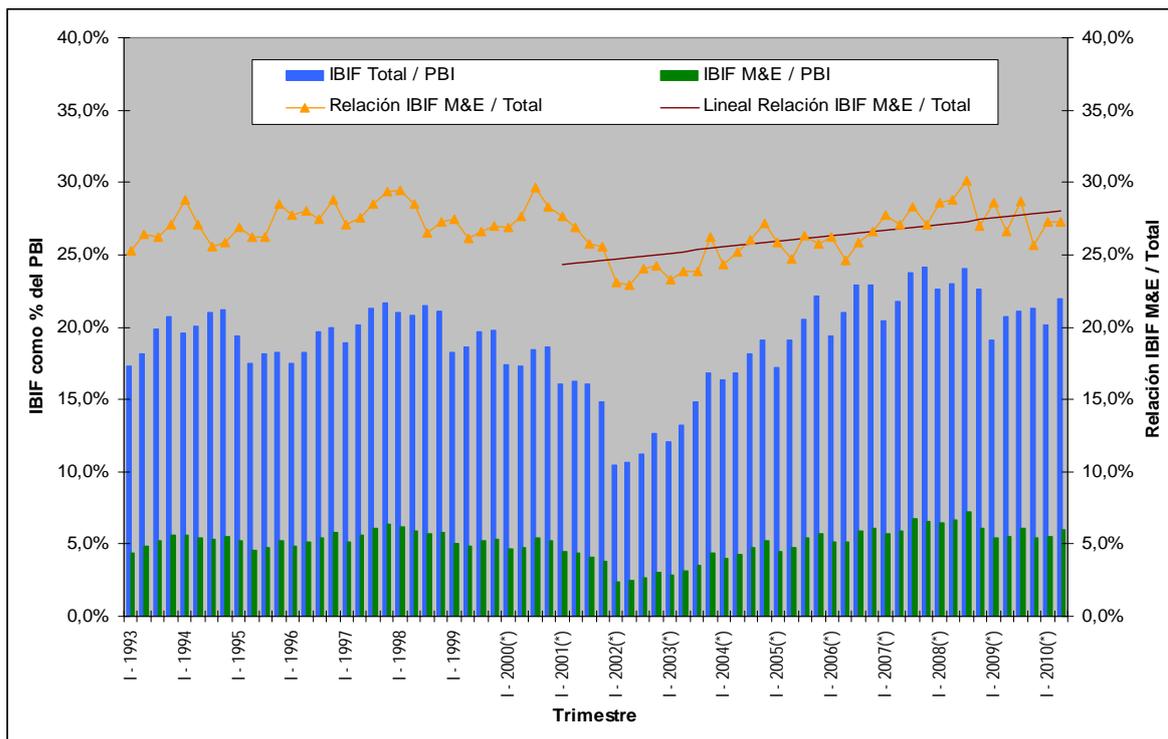


Tabla 1.5
Regresión lineal para IBIF en Máquinas y Equipos (1993 a 2010)

	Regresión lineal (1993-2009)		Regresión lineal (1993-2000)		Regresión lineal (2001-2009)	
	pendiente m (%/Trim)	intersección b (%)	pendiente m (%/Trim)	intersección b (%)	pendiente m (%/Trim)	intersección b (%)
IBIF (Máq & Eq.)						
Nacional	-0,00760%	2,770%	-0,02811%	3,152%	0,01919%	1,377%
Importado	0,01392%	2,096%	0,03598%	2,033%	0,08270%	-1,644%
Total	0,00632%	4,866%	0,00787%	5,185%	0,10189%	-0,267%
PBI						
Δ Período	0,455%		0,252%		4,076%	
Acumulado proyectado al final del período		5,321%		5,752%		7,069%

El cambio de tendencia evidenciado durante la última década en las tasas de inversión se manifiesta no sólo en un crecimiento en el ritmo de inversión en bienes de capital y en bienes durables, sino también en una marcada recuperación de la participación de la inversión bruta derivada de la compra de máquinas y equipos sobre la inversión total, en la que el mayor componente corresponde al rubro de la construcción [ver Anexo 1.1 y Gráfico 1.6].

Gráfico 1.6 – Tasa de Inversión Bruta Interna Fija en Máquinas y Equipos vs Total



Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

Un particular e importante aspecto a considerar en este análisis, es que la relación entre la inversión en el bloque de máquinas y equipos y la inversión total en bienes de capital se ha sostenido históricamente en una relación del orden del 26% al 28%. Sin embargo, los últimos años de la década de los '90 traslucieron una desaceleración notable en el ritmo de inversión, que llevó dicha relación a niveles del orden de sólo un 23% al 24% durante los años 2002 y 2003. Desde el último trimestre del año 2003 la tasa de

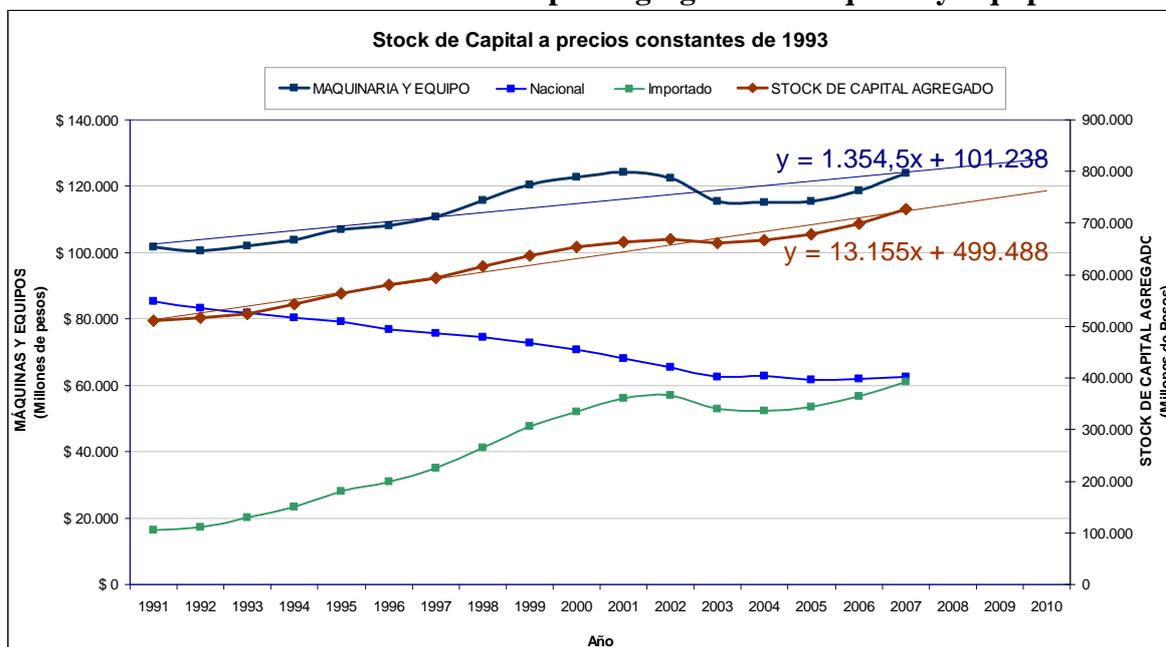
inversión ha venido aumentando considerablemente, para llevar nuevamente la relación de máquinas y equipos a bienes de capital a un nivel del orden del 27% al 29%, inclusive alcanzando máximos del 30% en el III trimestre del año 2008. A pesar de la retracción observada en los años recientes, puede proyectarse a partir de un análisis de regresión lineal que el coeficiente de relación de inversión de máquinas y equipos sobre bienes de capital podría consolidarse en torno del 28% al 29% en los próximos períodos [ver Tabla 1.6].

Tabla 1.6

Regresión lineal para Relación IBIF en Máquinas y Equipos vs IBIF Total (1993 a 2010)

IBIF (Máq & Eq.)	IBIF (Total)	Regresión lineal (1993-2009)		Regresión lineal (1993-2000)		Regresión lineal (2001-2009)	
		pendiente m (%/Trim)	intersección b (%)	pendiente m (%/Trim)	intersección b (%)	pendiente m (%/Trim)	intersección b (%)
Relación M&E / Total IBIF		-0,00716%	26,952%	0,04812%	26,584%	0,10634%	20,737%
Δ Período		-0,516%		1,540%		4,254%	
Acumulado proyectado al final del período			26,437%		30,049%		28,394%

Es interesante analizar dentro de este contexto la evolución del Stock de Capital agregado y de sus componentes de bienes durables y del bloque de máquinas y equipos a lo largo del período considerado [ver Gráfico 1.7].

Gráfico 1.7 – Evolución del Stock de Capital agregado vs Máquinas y Equipos

Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

Puede observarse que en términos generales, el stock agregado de capital ha aumentado en forma consistente durante la década de los años '90 y hasta el año 2001 inclusive, mientras que el stock en máquinas y equipos ha mostrado crecimientos positivos en un

período más restringido, desde 1992 hasta 2000 [ver Gráfico 1.8 y Tabla 1.7]. A partir de dicho momento, se evidencia una retracción en el stock neto, para luego recuperarse levemente durante el año 2003 y en forma significativa a partir de los años 2005 y 2006.

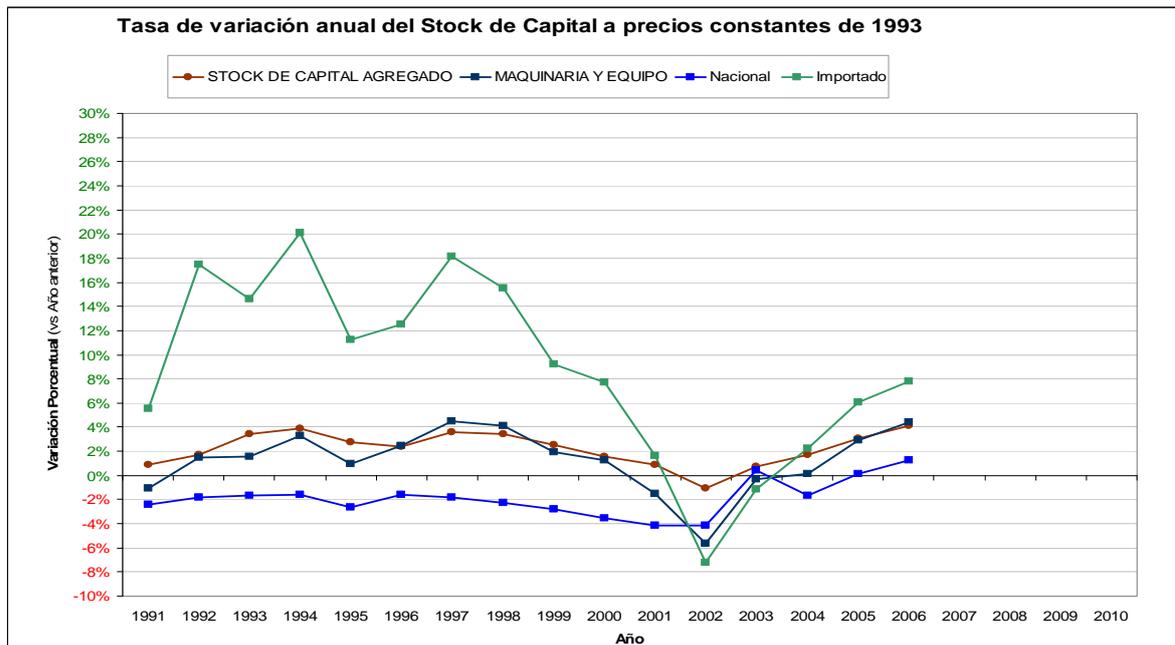
Otra observación importante es el marcado efecto de sustitución del parque de máquinas y equipos nacionales por sus equivalentes importados acaecido durante al década de los años '90, lo que se desprende de los valores negativos en la evolución del stock nacional, en contraposición con un muy significativo crecimiento del stock de maquinaria importada, fomentado desde una política macroeconómica combinando la apertura económica a los mercados internacionales y un tipo de cambio fuertemente favorable a las importaciones.

Tabla 1.7 – Tasa de variación anual del Stock de Capital a precios constantes de 1993

Tasa de variación anual del Stock de Capital a precios constantes de 1993										
Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
STOCK DE CAPITAL AGREGADO	0,90%	1,68%	3,44%	3,91%	2,76%	2,39%	3,61%	3,45%	2,57%	1,56%
<i>media móvil (3 años)</i>			2,01%	3,01%	3,37%	3,02%	2,92%	3,15%	3,21%	2,53%
EQUIPO DURABLE	-0,81%	2,71%	3,07%	4,58%	2,11%	3,29%	5,16%	5,09%	2,42%	1,94%
<i>media móvil (3 años)</i>			1,65%	3,45%	3,25%	3,33%	3,52%	4,51%	4,22%	3,15%
MAQUINARIA Y EQUIPO	-1,11%	1,51%	1,54%	3,28%	0,99%	2,47%	4,48%	4,10%	1,94%	1,23%
<i>media móvil (3 años)</i>			0,65%	2,11%	1,94%	2,24%	2,65%	3,68%	3,51%	2,42%
Nacional	-2,39%	-1,80%	-1,70%	-1,60%	-2,64%	-1,60%	-1,83%	-2,24%	-2,83%	-3,56%
<i>media móvil (3 años)</i>			-1,96%	-1,70%	-1,98%	-1,94%	-2,02%	-1,89%	-2,30%	-2,88%
Importado	5,57%	17,44%	14,58%	20,11%	11,27%	12,52%	18,15%	15,51%	9,19%	7,72%
<i>media móvil (3 años)</i>			12,53%	17,38%	15,32%	14,63%	13,98%	15,39%	14,28%	10,81%
Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
STOCK DE CAPITAL AGREGADO	0,86%	-1,04%	0,72%	1,70%	3,05%	4,10%				
<i>media móvil (3 años)</i>	1,66%	0,46%	0,18%	0,46%	1,82%	2,95%				
EQUIPO DURABLE	-0,69%	-4,16%	0,21%	1,30%	4,34%	5,83%				
<i>media móvil (3 años)</i>	1,22%	-0,97%	-1,54%	-0,88%	1,95%	3,82%				
MAQUINARIA Y EQUIPO	-1,52%	-5,62%	-0,33%	0,12%	2,90%	4,38%				
<i>media móvil (3 años)</i>	0,55%	-1,97%	-2,49%	-1,94%	0,90%	2,47%				
Nacional	-4,13%	-4,18%	0,39%	-1,65%	0,16%	1,23%				
<i>media móvil (3 años)</i>	-3,51%	-3,96%	-2,64%	-1,81%	-0,37%	-0,09%				
Importado	1,66%	-7,26%	-1,18%	2,24%	6,06%	7,81%				
<i>media móvil (3 años)</i>	6,19%	0,71%	-2,26%	-2,07%	2,37%	5,37%				

Puede observarse asimismo que la retracción en las tasas de inversión interna bruta en el período inmediato post salida de la convertibilidad, tuvo un impacto profundo en la disminución del stock neto en bienes de capital, y especialmente magnificado en los bienes durables, particularmente en máquinas y equipos. En efecto, la disminución neta del stock agregado de bienes de capital fue del 1,0% durante el año 2002, y alcanzó el 4,2% en bienes durables y el 5,6% en máquinas y equipos.

Gráfico 1.8 – Tasa de variación anual del Stock de Capital a precios constantes de 1993



Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

Esa caída fue contrarrestada en los años post-devaluación con una marcada recuperación proveniente del mayor ritmo de inversión interna bruta, que inclusive logró revertir la tendencia negativa que había venido experimentándose en el rubro de equipamiento nacional durante toda la década de los años '90 y primeros años de la década de los 2000.

Debe tenerse en cuenta que el stock de capital bruto es el resultante de la acumulación de los distintos flujos de inversión a lo largo del tiempo, luego de descontar los retiros derivados de que los medios de producción han llegado al final de su vida útil o porque la obsolescencia económica hace conveniente su reemplazo por otro bien de mayor eficiencia, mientras que el stock de capital neto deduce las pérdidas de valor previstas que se producen en los bienes de capital como consecuencia del paso del tiempo, ya sea por su uso normal (pérdida de eficiencia productiva), por depreciación (amortización estándar) – lo que da lugar a su perfil etario de eficiencia – o por el perfil etario de precios, que refleja el valor relativo de los bienes durables en el mercado de bienes usados¹.

Dicha relación entre el valor del stock de capital bruto y neto puede representarse por la expresión:

$$K_{Aj} - K_{Aj-1} = I_{Aj} - \delta K_{Aj}^2$$

Donde K_{Aj} y K_{Aj-1} representan el stock de capital a principios de los años Aj y $Aj-1$ respectivamente
 I_{Aj} representa la inversión bruta durante el año Aj
 δ representa la tasa de depreciación del capital acumulado

¹ Fuente: DNCN-INDEC: PROYECTO BID-UNPRE ESTUDIO 1.EE.88: "La Riqueza Nacional en Argentina" Proyecto BID-925 OC-AR Junio de 2004

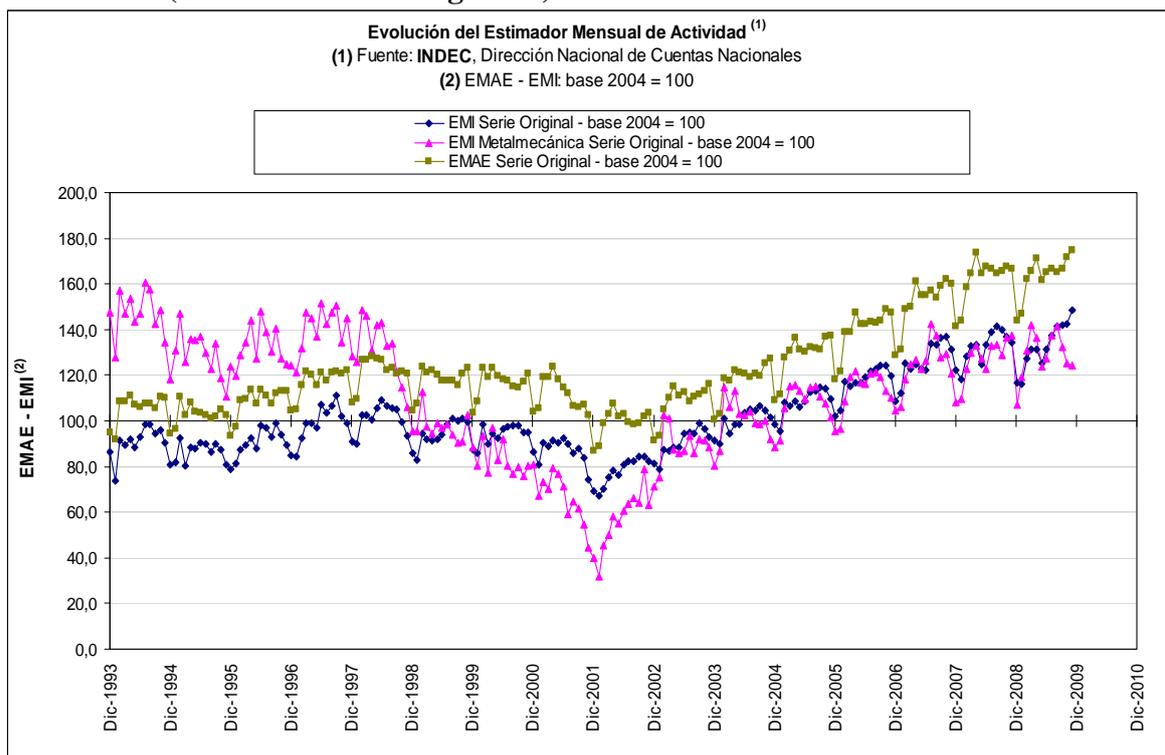
² Miguel Braun; Lucas Llach: "Macroeconomía Argentina" – Ed. Alfaomega, Buenos Aires (2006)

Por lo expuesto en el párrafo anterior, puede deducirse que el grado de obsolescencia del parque de bienes durables - en especial el de máquinas y equipos nacionales - ha experimentado un deterioro en los años recientes, probablemente compensado parcialmente por el efecto mencionado de la sustitución por sus equivalentes importados.

Adicionalmente, puede considerarse la relación entre la evolución del stock de bienes de capital y las series que miden la evolución de los indicadores de nivel de actividad, entendiendo que estos últimos representan en buena medida la exigencia o demanda de utilización del parque de bienes de capital y actúan como potenciadores de los requerimientos de reinversión o reemplazo a partir de su influencia en el patrón de retiros, las curvas de depreciación, la probabilidad de supervivencia, y la determinación de los perfiles etarios de precios y de eficiencia para los distintos segmentos.

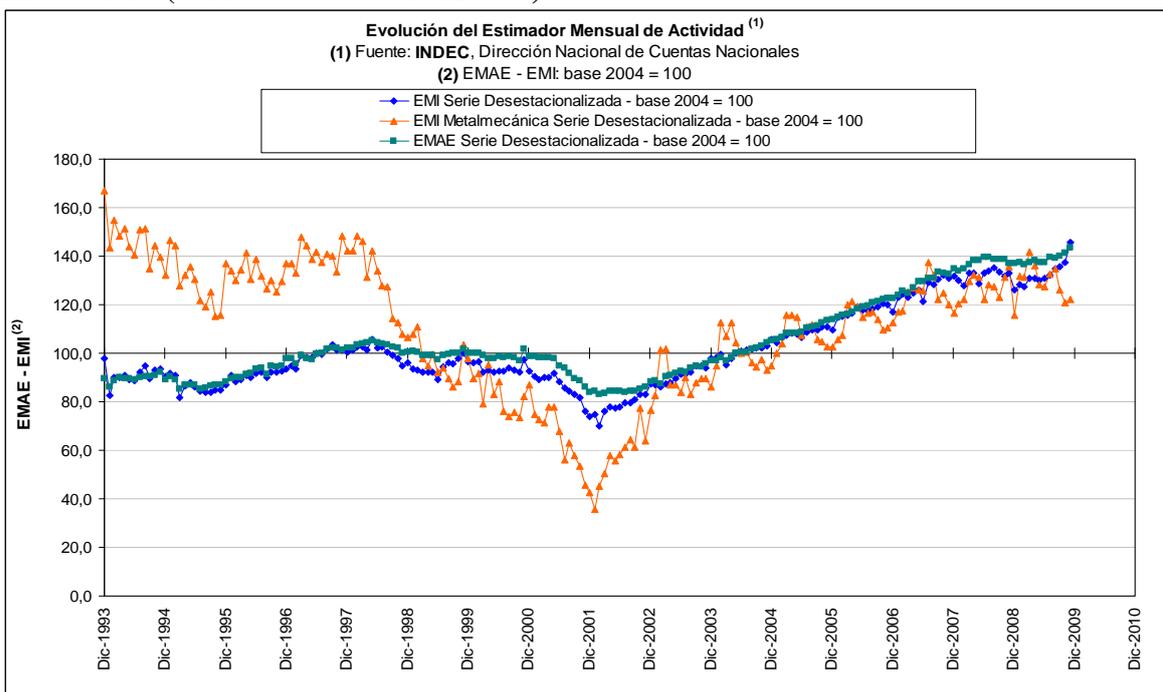
Se han seleccionado los indicadores mensuales que miden la evolución de los estimadores mensuales de actividad económica (EMAE) e industrial (EMI), segregando de este último el correspondiente al rubro metalmecánica [ver Gráficos 1.9 y 1.10].

Gráfico 1.9 – Estimadores mensuales del Nivel de Actividad Económico e Industrial - (Series históricas originales)



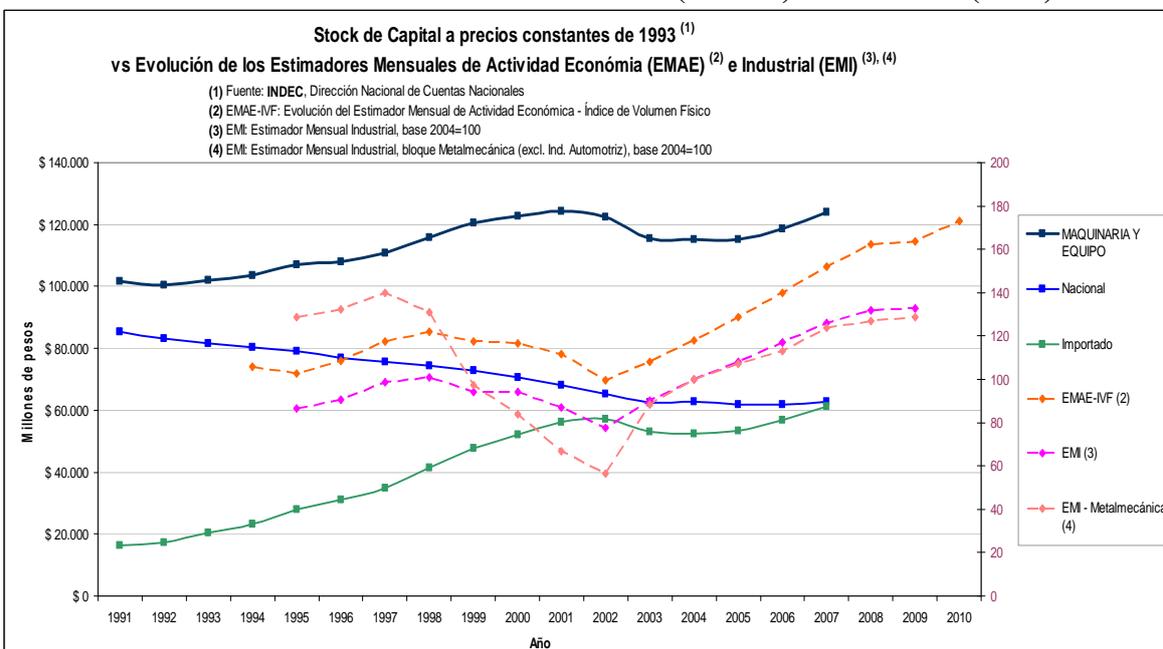
Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

Gráfico 1.10 – Estimadores mensuales del Nivel de Actividad Económico e Industrial - (Series desestacionalizadas)



Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

Gráfico 1.11 – Stock de Capital a precios constantes de 1993 vs Evolución de los Estimadores Mensuales de Actividad Económica (EMAE) e Industrial (EMI)



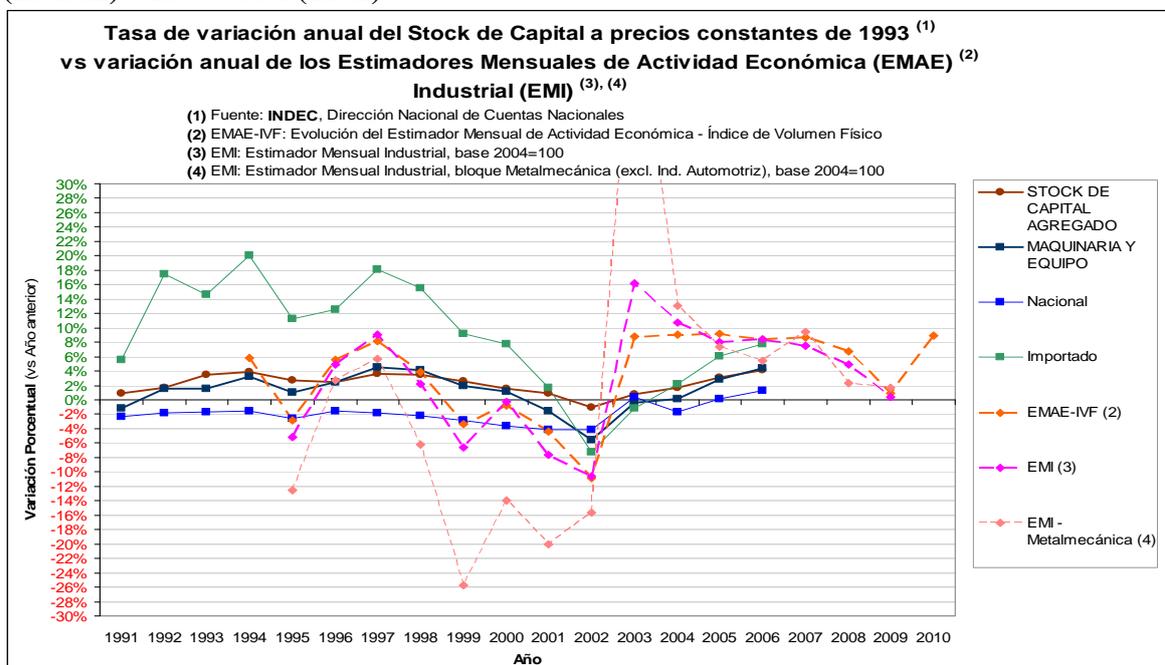
Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

Se verifica una ligera concordancia entre la evolución del stock de capital y el nivel de actividad económica y su correlativo indicador industrial. De hecho, es notable que el stock de capital agregado y el de máquinas y equipos manifiestan cierta inercia frente a los períodos iniciales de desaceleración económica, tal como se observa durante los

últimos años de la década de los años '90 y principios de la década del 2000. De la misma manera, frente a períodos de recuperación del ritmo de actividad, dicha inercia se evidencia a través de un retraso en la inflexión de la tendencia de evolución del stock de capital y de bienes durables frente a la aparición de indicadores fuertemente positivos de crecimiento de la actividad.

Al analizar el comportamiento de las tasas de variación anual del stock de capital y del de máquinas y equipos vs los estimadores de actividad económica e industrial, el panorama enunciado en el párrafo anterior tiende a reforzarse [ver Gráfico 1.12]. En efecto, es notorio cómo los estimadores de actividad económica e industrial tienden a anticipar la afectación de los niveles de inversión neta, tanto en los períodos de retracción económica, como ante la recuperación manifiesta de los mismos.

Gráfico 1.12 – Tasa de variación anual del Stock de Capital a precios constantes de 1993 vs variación anual de los Estimadores Mensuales de Actividad Económica (EMAE) e Industrial (EMI)



Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

En el caso en particular del segmento de metalmecánica, ese efecto se muestra visiblemente amplificado, lo que permite anticipar por un lado la marcada volatilidad del sector, y por el otro la fuerte elasticidad de la demanda del mismo frente a las variaciones de la actividad económica [Ver Tabla 1.8].

Tabla 1.8 – Elasticidad de la industria metalmecánica vs actividad económica e industrial general

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Promedio 1995-2001
μ EMI vs EMAE-IVF	1,80	0,88	1,12	0,56	1,93	0,36	1,72	1,19
μ EMI (Metalmecánica) vs EMAE-IVF	4,40	0,49	0,70	-1,63	7,61	17,76	4,53	4,84
μ EMI (Metalmecánica) vs EMI	2,45	0,56	0,63	-2,90	3,94	49,26	2,64	8,08

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Promedio 2002-2009	Promedio 1995-2009
μ EMI vs EMAE-IVF	0,97	1,83	1,19	0,87	0,99	0,87	0,74	0,45	0,99	1,08
μ EMI (Metalmecánica) vs EMAE-IVF	1,44	6,41	1,45	0,81	0,64	1,10	0,33	1,99	1,77	3,20
μ EMI (Metalmecánica) vs EMI	1,49	3,51	1,22	0,92	0,65	1,26	0,46	4,46	1,75	4,70

El análisis de regresión aplicado a los estimadores de actividad respecto de los stocks de capital agregado y de máquinas y equipos para el período que va desde el año 1995 hasta el año 2009 muestra que si bien no pareciera haber una correlación importante entre los mismos – probablemente derivada del efecto inercial del stock frente a los cambios de tendencia en los ciclos de actividad económica –, los coeficientes son mayores entre el stock de maquinaria y equipo y el estimador de actividad económica (EMAE-IVF) que entre el correspondiente a la actividad industrial general (EMI) y menor aún respecto del correspondiente a la actividad del bloque metalmecánica [ver Tabla 1.9]. Sin embargo, los coeficientes aumentan notablemente para el período más reciente desde el año 2001 hasta el año 2009 [ver Tabla 1.10].

Tabla 1.9

Correlación entre Stock de Capital agregado y de Maquinaria y Equipo vs Estimadores de Actividad
Años 1991 – 2009

	<i>STOCK DE CAPITAL AGREGADO</i>	<i>MAQUINARIA Y EQUIPO</i>	<i>EMAE-IVF</i>	<i>EMI</i>	<i>EMI - bloque Metalmecánica</i>
<i>STOCK DE CAPITAL AGREGADO</i>	1				
<i>MAQUINARIA Y EQUIPO</i>	0,93331449	1			
<i>EMAE-IVF</i>	0,59590271	0,68706175	1		
<i>EMI</i>	0,37286955	0,49503342	0,9515325	1	
<i>EMI - bloque Metalmecánica</i>	0,00910126	0,11224841	0,71411887	0,87237783	1

Tabla 1.10

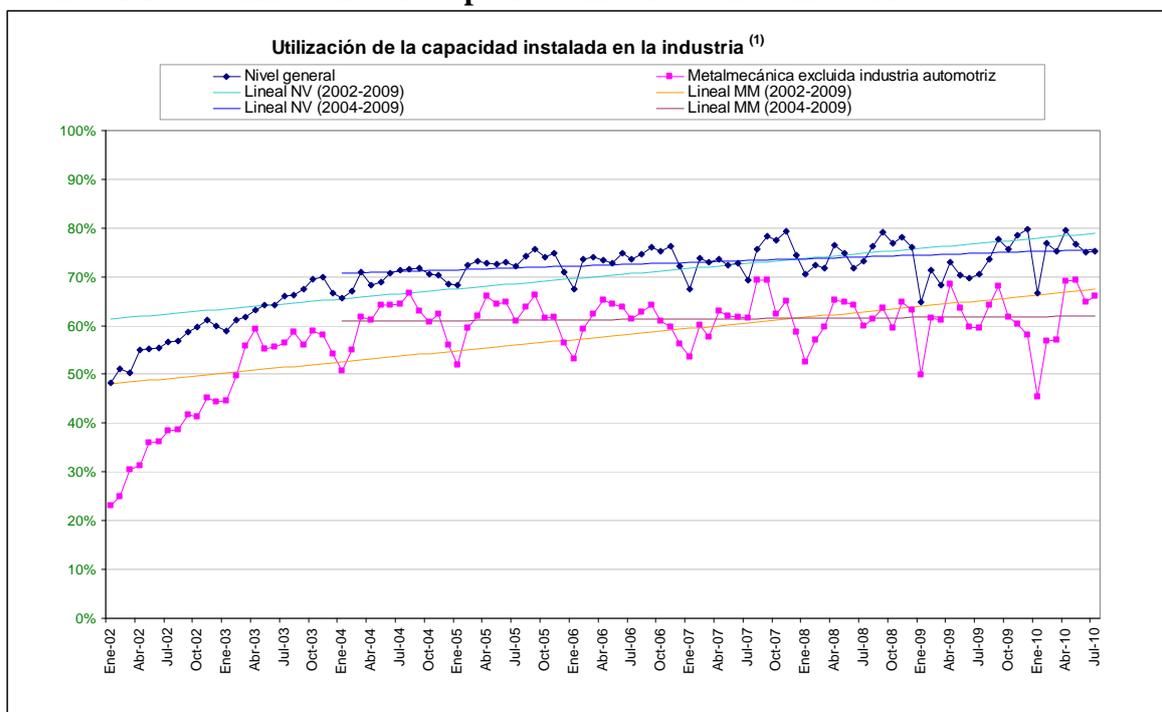
Correlación entre Stock de Capital agregado y de Maquinaria y Equipo vs Estimadores de Actividad
Años 2001 – 2009

	<i>STOCK DE CAPITAL AGREGADO</i>	<i>MAQUINARIA Y EQUIPO</i>	<i>EMAE-IVF</i>	<i>EMI</i>	<i>EMI - bloque Metalmecánica</i>
<i>STOCK DE CAPITAL AGREGADO</i>	1				
<i>MAQUINARIA Y EQUIPO</i>	0,98116341	1			
<i>EMAE-IVF</i>	0,75341717	0,84339817	1		
<i>EMI</i>	0,54981069	0,67467054	0,94281587	1	
<i>EMI - bloque Metalmecánica</i>	0,13486381	0,30609415	0,66345495	0,86447203	1

Como indicador adicional de la performance de la industria, es importante considerar la evolución de la utilización de la capacidad instalada, tanto en el nivel general, como en el segmento específico de la industria metalmeccánica.

Dentro del período analizado, es particularmente, es interesante verificar el efecto derivado de la recuperación en la actividad económica de la industria en general y especialmente en la industria metalmeccánica, posteriormente a la crisis post-devaluación de principios de la década de los años 2000 [ver Gráfico 1.13]. Debe notarse que hasta el año 2003 la capacidad ociosa en la industria superaba el 30%, mientras que el sector específico que se analiza excedía el 40%. Como consecuencia de la mayor actividad general y de la industria, se alcanzó una utilización que permitió disminuir la capacidad ociosa sensiblemente, lográndose actualmente que en la industria en general la utilización oscile entre el 75% y el 80% y en la industria metalmeccánica (sin incluir a la industria automotriz) entre el 65% y el 70%.

Gráfico 1.13 – Utilización de la capacidad instalada en la industria



Fuente: INDEC

Sin embargo, debe observarse que si bien se produjo un fuerte incremento en la utilización de la capacidad instalada en la industria durante los primeros dos años posteriores a la crisis post-devaluación (años 2003 y 2004), durante el resto del período analizado se ha producido cierto amesetamiento, más notable en el sector específico de la industria metalmeccánica. Este efecto puede extraerse del análisis de regresión lineal aplicado a las series históricas, segregando de la proyección los primeros dos años de la serie [ver Tabla 1.11].

Tabla 1.11

Regresión lineal para porcentajes de utilización de la capacidad instalada en la industria (2002 a 2009)

% de utilización		Regresión lineal (2002-2009)		Regresión lineal (2004-2009)	
		pendiente m (%/mes)	intersección b (%)	pendiente m (%/mes)	intersección b (%)
coeficientes	Nivel general	0,17243%	61,192%	0,06266%	69,143%
	Metalmecánica excluida industria automotriz	0,18996%	47,829%	0,01360%	60,518%
Δ Período	Nivel general	17,8%		6,5%	
	Metalmecánica excluida industria automotriz	19,6%		1,4%	
Proyectado al final del período	Nivel general	79,0%		75,6%	
	Metalmecánica excluida industria automotriz	67,4%		61,9%	

De la tabla anterior surge que la pendiente de la recta de regresión sólo permite proyectar un crecimiento del 0,8% anual en la utilización de la capacidad instalada para el nivel general y de apenas el 0,2% anual en la utilización de la capacidad instalada para el sector de metalmecánica (excluyendo la industria automotriz).

De hecho, para el nivel general de la industria, el porcentaje de utilización subió desde el 69,7% promedio para el año 2004 hasta el 72,8% promedio para el año 2009; para el sector de metalmecánica (excluyendo la industria automotriz) la capacidad instalada pasó de un porcentaje de utilización promedio en el año 2004 del 60,9% hasta el 61,4% promedio para el año 2009.

1b) Análisis de la madurez de la industria

Se desarrollan a continuación algunos de los indicadores más relevantes que permiten considerar el nivel de madurez alcanzado por el sector de máquinas y equipos dentro de la industria de bienes durables de capital [ver Tabla 1.12].

Tabla 1.12 – Indicadores de madurez de la industria de máquinas y equipos

Indicadores	Tendencia
Tasa de crecimiento	≈ PBI: la industria de bienes de capital es fuertemente pro cíclica; en los últimos años ha seguido la evolución del crecimiento de la economía en su conjunto.
Potencial de crecimiento	En la mayor parte de las industrias, el potencial de crecimiento es bien conocido, asociado a la evolución de las mismas (ej. pinturas, tintas gráficas); en otras hay un fuerte potencial, derivado de la introducción de nuevos procesos, automatización, etc. (ej. agroquímicos).
Líneas de productos	Renovación. Si bien hay una base de equipamiento que sigue los diseños tradicionales, se verifica en los últimos años la introducción de nuevos diseños, más compactos, versátiles, y automáticos.
Rol de la tecnología	Significativa. La introducción de nuevos procesos fabriles, la tendencia a la automatización, el desarrollo de nuevos productos por parte de los usuarios, incentivan al diseño de soluciones innovadoras por parte de los proveedores de los equipos.

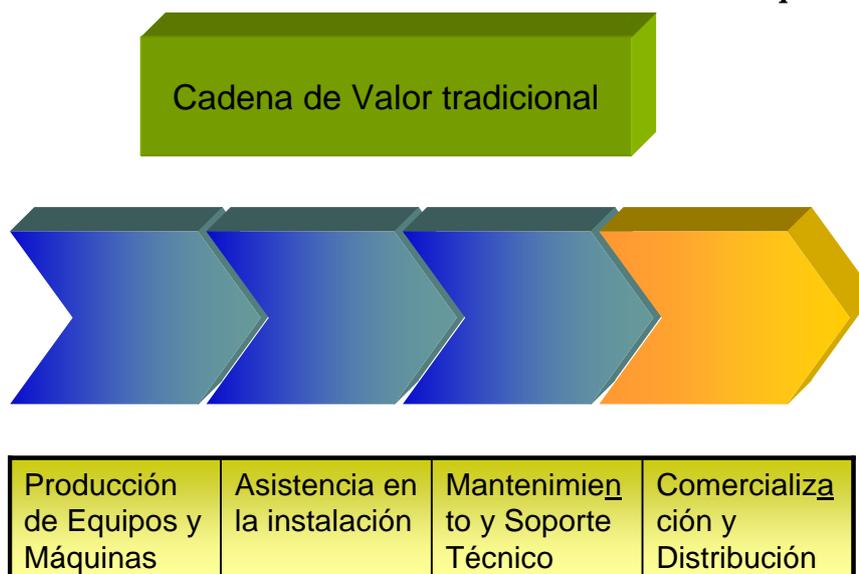
Indicadores	Tendencia
Número de competidores	En aumento. La necesidad de soluciones integradas (equipamiento, automatización, control, etc.) impulsa la penetración de competidores no tradicionales en el mercado. Aparición de proveedores externos (China), favorecidos por los bajos costos de inversión inicial.
Barreras de entrada	Alta. Es muy difícil alcanzar un grado de conocimiento acabado de la industria y sus procesos en forma rápida. Se requiere mano de obra calificada. Pero hay penetración de competidores por segmentos específicos (automación, bombas, envasado, etc.)
Estabilidad de participación de mercado	Peleas por precios. Es particularmente intensa cuando se trata de proyectos completos (ventaja del 1er jugador)
Lealtad de los clientes	Relativa. Los clientes priorizan el conocimiento y la confianza en la capacidad de sus proveedores, pero muchas veces terminan decidiendo basados en las restricciones presupuestarias.
Lealtad de los proveedores	Relativa. La presión hacia la baja de los costos de los productos impulsa la selección de proveedores alternativos (muchas veces requerida por el propio usuario final).
Importancia del costo	Alta. Restricciones de presupuesto; necesidad de limitar los períodos de recupero de las inversiones.

1c) Cadena de valor de la industria de máquinas y equipos

Tal como se mencionó en los apartados anteriores, la cadena de valor de la industria de producción y provisión de máquinas y equipos como bienes durables de capital ha ido evolucionando muy dinámicamente en los últimos años.

La cadena de valor tradicional podía esquematizarse como sigue [ver Gráfico 1.14]:

Gráfico 1.14 – Cadena de valor tradicional de la industria de máquinas y equipos



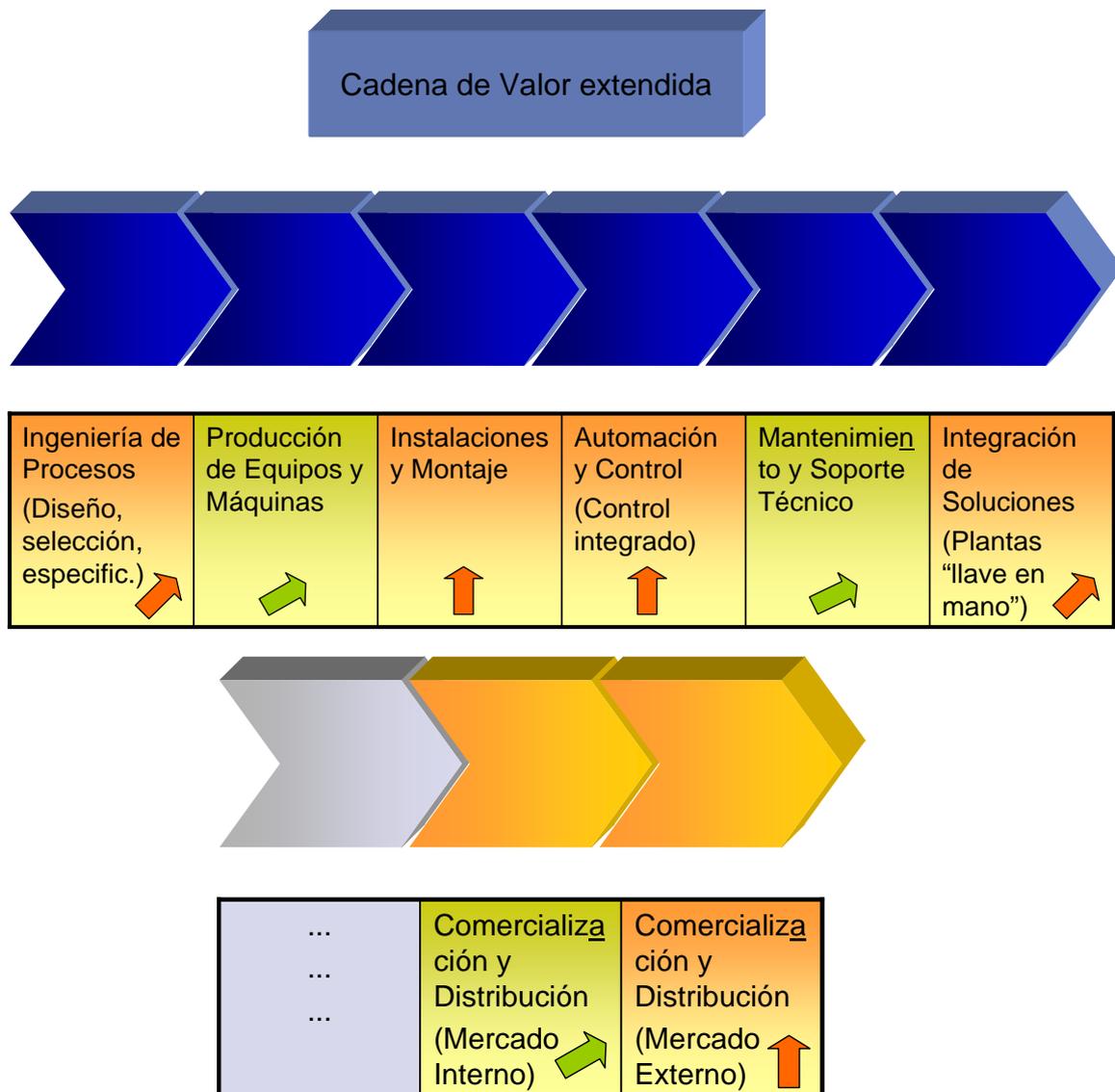
La característica más llamativa de esta cadena tradicional es la poca interacción entre los extremos de la misma; esto es, el portafolio de productos y servicios tendía a ser bastante racionalizado y estandarizado, de tal manera que los usuarios debían

conformarse con adaptar las alternativas disponibles a sus procesos productivos. Las soluciones eran poco versátiles y customizadas, y el nivel de integración entre las etapas de diseño y la producción por un lado, y las de desarrollo de ingeniería de procesos de los usuarios era mínima.

Con el tiempo, esta tendencia se fue revirtiendo, conforme la evolución de la tecnología aplicada por un lado a los procesos productivos de las industrias usuarias, y por otro a este tipo de bienes y servicios, fue permitiendo una expansión de la cadena de valor, con el desarrollo de nuevos eslabones y la necesidad de una mayor integración entre los mismos.

Hoy en día, la cadena de valor puede representarse esquemáticamente como sigue [ver Gráfico 1.15]:

Gráfico 1.15 – Cadena de valor extendida de la industria de máquinas y equipos



En el esquema anterior pueden identificarse los eslabones de la cadena tradicional (en color verde) y los que fueron incorporándose con el crecimiento y globalización de la industria.

También se muestran con flechas orientadas, el grado de intensidad en el desarrollo de cada uno de los eslabones de la cadena actual extendida. Así, pueden visualizarse eslabones fuertemente activos y bajo un proceso de expansión muy significativo, tales como los de {Instalaciones y Montaje}, a través de una marcada tendencia a la tercerización de estas operaciones, {Automatización y Control}, que proveen a la integración de todos los sistemas de control, e {Integración de Soluciones}, que permiten ofrecer alternativas integrales “llave en mano” optimizando la alocaión de recursos, la operacionabilidad de los procesos y la consistencia de las aplicaciones. Asimismo, se verifica una tendencia a la participación activa y sinérgica de los usuarios-clientes en los desarrollos de ingeniería y en el diseño de los equipos por un lado, en forma concomitante con la colaboración de los proveedores de máquinas y equipos en el desarrollo y la optimización de los procesos industriales, lay-out operativos, etc.

Por otra parte, la creciente globalización de las cadenas productivas de las diferentes industrias – tales como las de pinturas y tintas gráficas, cosmética, agroquímicos, adhesivos, entre otras – han favorecido la internacionalización de los proveedores de soluciones para estas industrias, y la expansión de sus mercados hacia la exportación. Sin embargo, este proceso de desmoronamiento de las barreras geográficas ha facilitado también la mayor presión competitiva, que sumada a la disponibilidad de mayor información técnica y comercial a través de la Web, genera un contexto muchísimo más dinámico e intensamente competitivo para todos los jugadores.

1d) Consideraciones relevantes sobre el sector específico de máquinas y equipos

En virtud de todo lo mencionado en este capítulo, pueden resumirse las siguientes conclusiones más relevantes sobre el sector objeto de este trabajo:

- El mercado de bienes de capital, productos y servicios conexos ha ido evolucionando muy intensamente en los últimos años, producto de la innovación tecnológica, la globalización de las cadenas de valor de muchas industrias, y la mayor competencia derivada del acceso a la información por parte de los usuarios a un portafolio mucho más variado de alternativas.
- Es una industria madura, pero que está experimentando una nueva ola de desarrollo, impulsada por la incorporación masiva de nuevas tecnologías en procesos, materiales y productos; la automatización e integración de operaciones, la mayor influencia del *outsourcing* y la necesidad de esquemas productivos mucho más flexibles y orientados a las necesidades de los clientes. Los sistemas productivos tienden a ser “*pull driven*” en lugar de “*push*”; la capacidad de respuesta debe ser inmediata y los niveles de existencias tienden a minimizarse para optimizar los resultados financieros.
- Asimismo, la elevada competencia en los mercados de los usuarios-clientes y la necesidad de aumentar la productividad de sus sistemas productivos, los lleva a considerar esquemas altamente eficientes en el aprovechamiento de los recursos, capaces de otorgar economías de escala y de ámbito.
- Pero las decisiones de inversión hoy se toman en función de parámetros económicos-financieros que involucran la ponderación de los cash flujos de caja proyectados, el período de recupero, las restricciones presupuestarias, y las expectativas de la evolución de los mercados y la actividad.

- Definir los niveles de inversión óptima, en cuanto a tecnología, capacidad, flexibilidad, simplicidad operativa, confiabilidad, servicio garantizado, escalabilidad, obliga a los proveedores de esta industria a trabajar de una forma mucho más estrecha e intensiva con los usuarios-clientes, a conocer profundamente sus necesidades en el contexto, y a desarrollar relaciones que sean sustentables en el largo plazo, basadas en capacidades diferenciales visibles y demostrables.
- La cadena de valor de esta industria se ha extendido evidenciando ese proceso de mayor integración entre proveedores y usuarios-clientes.
- Pero esa mayor integración hace imprescindible que las empresas proveedoras desarrollen capacidades operacionales distintivas que les permitan diferenciarse de sus competidores, para no caer en la destrucción de valor que la constante presión hacia la reducción de costos y racionalización de estructuras conlleva.
- Este mecanismo de constante readaptación es fundamental para asegurar la supervivencia en un entorno sectorial que evoluciona dinámicamente, y donde las fronteras del mercado se hacen cada vez más difusas; la clave radica en identificar claramente cuáles son los factores claves de éxito que se relacionan con las principales necesidades de los clientes, y como dichos factores se materializan en capacidades competitivas visibles y sustentables.
- El acceso a la información virtual (vía Web), y la globalización de la industria ha facilitado que los clientes se animen a considerar propuestas de proveedores no tradicionales, incentivados por costos atractivamente más bajos (incluyendo soluciones “domésticas” o “caseras” generadas internamente).
- Sin embargo, muchas veces este proceso de “prueba y error” ha resultado ser negativo para ellos, afectando la productividad de sus procesos y generando costos significativos por paradas no previstas, falta de respuesta de los proveedores, incompatibilidad o falta de integración de las soluciones, etc.
- El mercado externo (fundamentalmente Latinoamérica) es particularmente atractivo por la ausencia de proveedores locales (excepto Brasil).
- Pero la naturaleza del negocio implica la necesidad de desarrollar estructuras de soporte técnico-comerciales sólidas y sustentables, por la base instalada que se va generando a lo largo del tiempo.

Sección 2 - Análisis de los datos históricos de la empresa

Con el objetivo de establecer patrones de demanda que permitan analizar la capacidad de respuesta de la estructura operacional de la empresa y su potencial de optimización, se presenta a continuación información sobre el nivel de actividad histórico de la compañía, segregado a distintos niveles para su mejor comprensión y para facilitar el proceso analítico.

El período de análisis comprende la última década; esto es, desde el año 2001 hasta el presente. Así, se ha considerado conveniente incluir dentro del horizonte de estudio períodos críticos para la actividad del sector y de la empresa, tal como los que se experimentaron durante los años posteriores a la salida de la convertibilidad, durante el cual se vieron afectados fuertemente todos los indicadores macro y microeconómicos, para seguidamente afrontar una etapa de vigorosa recuperación, dentro de un contexto general de reacomodamiento de las variables económicas y financieras. La reciente crisis global que se extendió desde el último trimestre de 2008 hasta fines del año 2009, cuyos remezones aún afectan a las economías de los países centrales, también ha mostrado sus efectos sobre el nivel de actividad del sector, y ha de considerarse dentro de este análisis.

Como se mencionó en el ítem anterior, el rubro de fabricación de máquinas y equipos para la industria está fuertemente vinculado con una actividad que requiere innovación permanente, desarrollo de nuevas soluciones, y una inversión constante en capital humano. Pero a su vez es una industria compleja, con fronteras muy difusas -resulta muy difícil acotar el portafolio de soluciones a ofrecer- que cada vez se vuelve más customizada, requiriéndose soluciones más versátiles y adaptables.

En los períodos de retracción económica o de inestabilidad macro, las restricciones en los presupuestos de inversión, reemplazo y/o mantenimiento de las empresas, sumadas a la incertidumbre en la evolución de los negocios, entorpecen la posibilidad de ofrecer soluciones óptimas y favorecen la elección de soluciones parciales, focalizadas en el costo.

La falta de inversión sostenida, el nivel de mantenimiento insuficiente de los parques tecnológicos y la adopción de propuestas subóptimas provoca un efecto de “demanda latente” que sólo se dispara una vez que las condiciones de contexto se tornan visiblemente alentadoras.

En los períodos de expansión económica, por el contrario, la industria se vuelve muy dinámica, pero exige una escalabilidad en la capacidad de respuesta de las empresas proveedoras que es difícil de atender en forma inmediata (capacidad operativa, respuesta de los proveedores de insumos, planteles de fábrica, estructura y financiamiento, etc.).

Estas características descriptivas de la industria se ven replicadas en el perfil de los niveles de actividad de la empresa, que se muestran fuertemente alejados de patrones homogéneos, lo que trae aparejada la dificultad aparente para proyectar curvas de demanda confiables que permitan diseñar una estructura operativa adecuada para satisfacer las necesidades de los clientes bajo condiciones de rentabilidad y niveles de servicio aceptables.

2a) Cálculo de la evolución del índice de facturación mensual normalizado

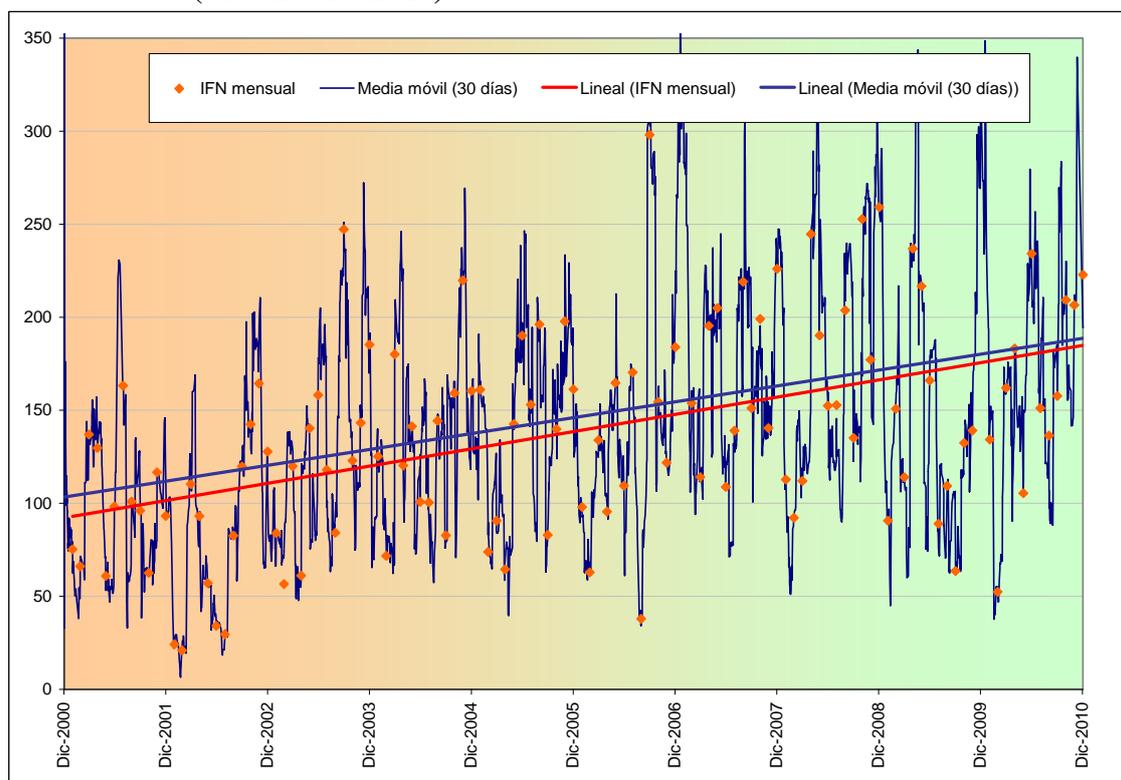
Se detalla a continuación la serie histórica de la actividad de la compañía expresada en términos de facturación mensual. Con el objetivo de hacer comparativos los montos se han reexpresado los valores históricos en moneda constante del año 2001, usando como coeficiente de reexpresión el Índice de Precios Internos Mayoristas (IPIM) correspondiente al bloque “292 - Máquinas de Uso Especial” publicado por el INDEC [ver Anexo 2.1].

Asimismo, y a los efectos de estandarizar los valores para facilitar el proceso de análisis y la modelización, se han normalizado los valores ajustados calculando un Índice de Facturación Normalizado (IFN), siendo

$$\text{Índice de Facturación Normalizado (IFN)} = \frac{\text{Facturación ajustada del período } j \text{ (en moneda constante de 2001)}}{\text{Promedio Facturación ajustada del año 2001 (en moneda constante de 2001)}}$$

$$\text{Facturación ajustada del período } j \text{ (en moneda constante de 2001)} = \frac{\text{Facturación histórica del período } j \text{ (en moneda corriente)}}{\text{IPIM[292] período } j / \text{IPIM[292] promedio 2001}}$$

Gráfico 2.1 – Índice de Facturación Normalizado (IFN) mensual (años 2001 a 2010)



De la observación de los valores de la serie del índice IFN para el período analizado se desprende la marcada volatilidad de la actividad, derivada de un patrón de demanda altamente variable.

Puede utilizarse para describir dicha volatilidad la dispersión de los valores de la media móvil para 30 días, comparando sus estimadores versus los correspondientes a la serie original [ver Tabla 2.1].

Tabla 2.1 – Medidas de dispersión de Serie IFN mensual y media móvil (30 días)

	media	desvest	coef. Variación (Pearson)	pendiente	intersección	coeficiente de determinación
	χ	σ	cv	m (1/mes)	b	r ²
Serie IFN mensual	138,92	60,60	0,436	0,772	92,21	0,1964
IFN (media móvil 30 días)	147,32	63,74	0,433	0,710	103,42	0,1401

Se verifica que el coeficiente de determinación de la recta de regresión lineal r² muestra un valor sensiblemente inferior para la serie de las medias móviles para 30 días que para la serie original mensual, lo que permite verificar que los valores de demanda diaria presentan una fuerte dispersión o, en otras palabras, el patrón de demanda es muy poco homogéneo.

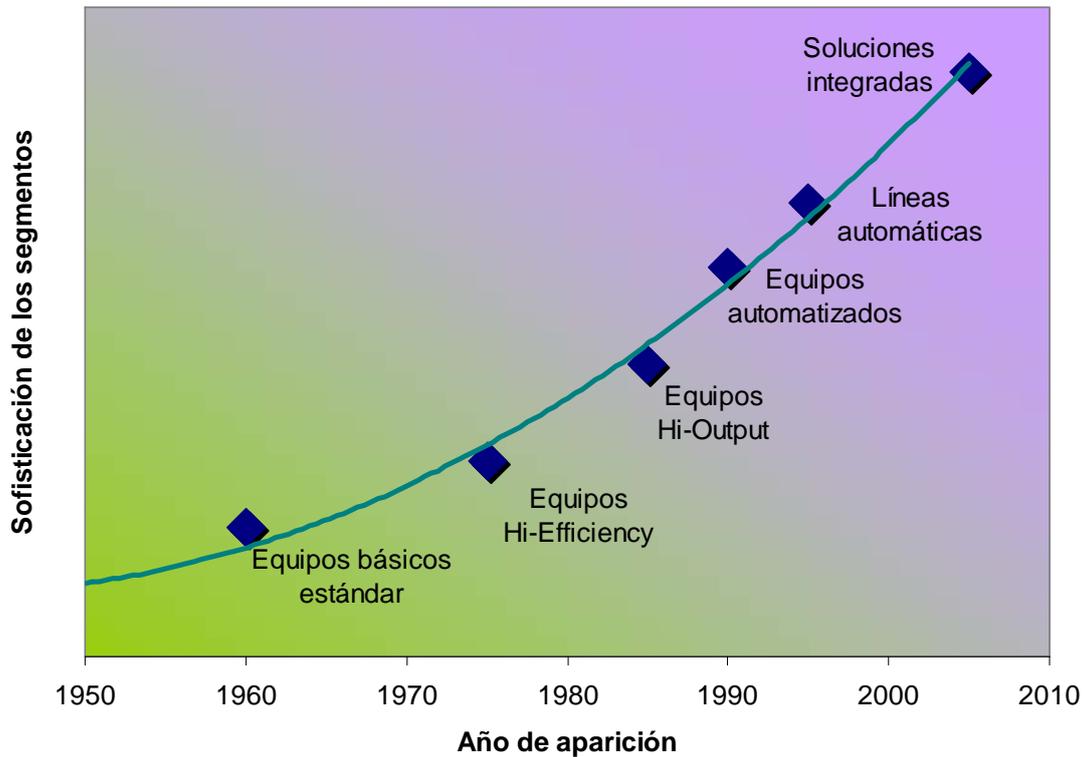
2b) Segmentación del portafolio de productos y servicios

Para establecer los perfiles de actividad y demanda históricos de la compañía, se ha considerado conveniente dividir el portafolio de productos y servicios en diferentes segmentos, tal como se describe a continuación [ver Tabla 2.2]:

Tabla 2.2 – Segmentos componentes del portafolio de productos y servicios

Segmento	Descripción de los productos
A	<u>Equipos básicos estándar</u> Dispersoras hasta 60 HP Molinos verticales abiertos
B	<u>Bombas, filtros y equipos auxiliares</u>
C	<u>Equipos de alta producción</u> Dispersoras > 60 HP Molinos herméticos Homogenizadores y emulsionadores Envasadoras automáticas
D	<u>Soluciones integradas:</u> Equipos "Tinting in Plant" Plantas para Texturables Plantas para Agroquímicos Amasadoras / Prensas Líneas integradas de envasado automáticas
E	<u>Servicios de mantenimiento</u> Partes y Repuestos Reparaciones

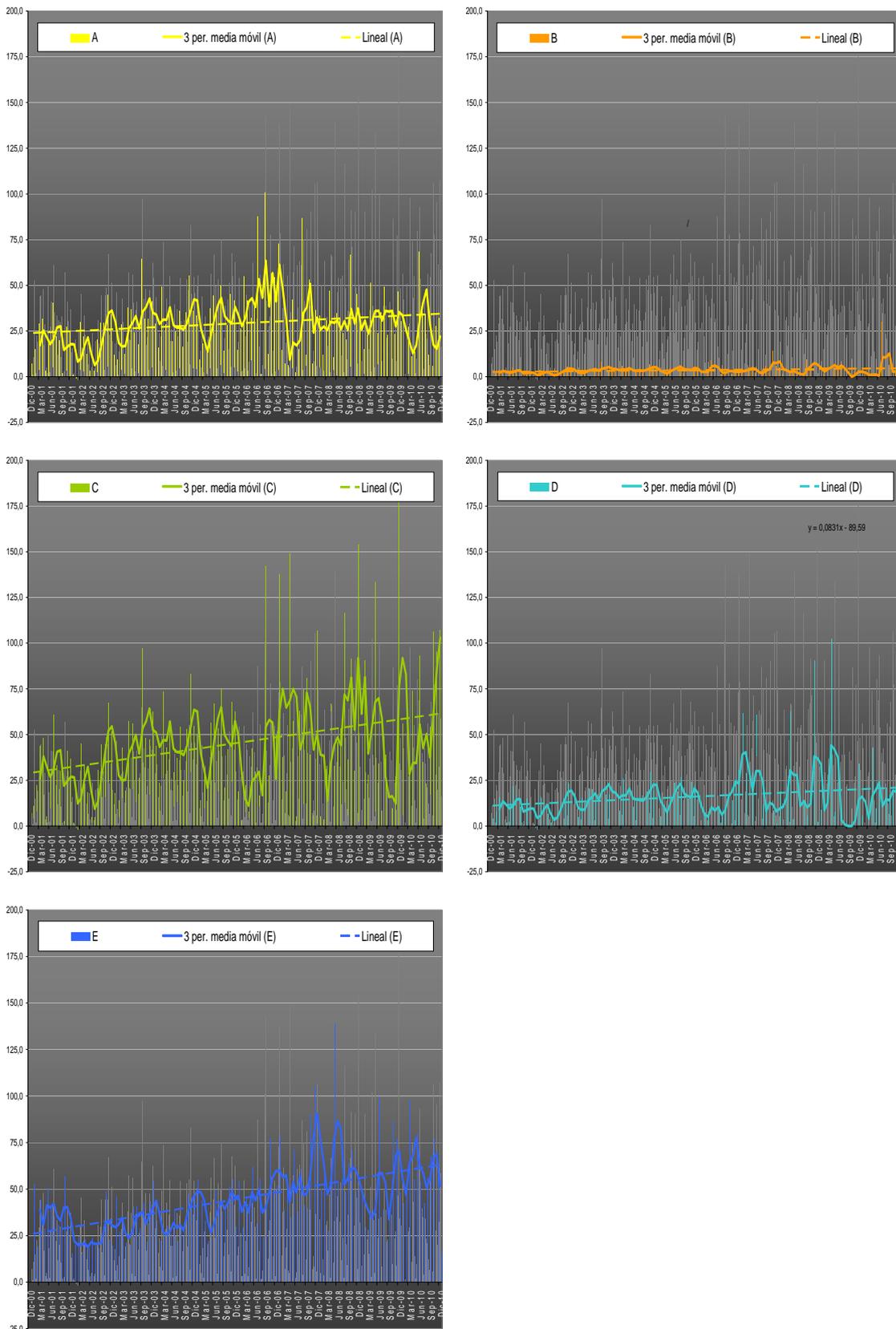
Esta clasificación no es azarosa, sino que sigue de alguna manera la forma en que los diferentes tipos de productos y servicios han ido siendo incorporados por la compañía - en términos más o menos recientes - en virtud de su aparición como desarrollo tecnológico de la industria. En el gráfico que sigue puede visualizarse la evolución de la apertura de los diferentes segmentos a lo largo del tiempo [ver Gráfico 2.2].

Gráfico 2.2 – Evolución de la segmentación por productos y servicios

Por lo expuesto, es lógico esperar que el perfil de evolución de los diferentes segmentos y su porcentaje de participación en la mezcla de productos y servicios ha ido modificándose a lo largo de las décadas.

El nivel de actividad histórico para la empresa abierto para cada una de los segmentos mencionados se detalla a continuación, donde para cada segmento se muestra la evolución mensual del IFN, la de sus media móviles trimestrales, y su línea de tendencia para todo el período analizado [ver Gráfico 2.3].

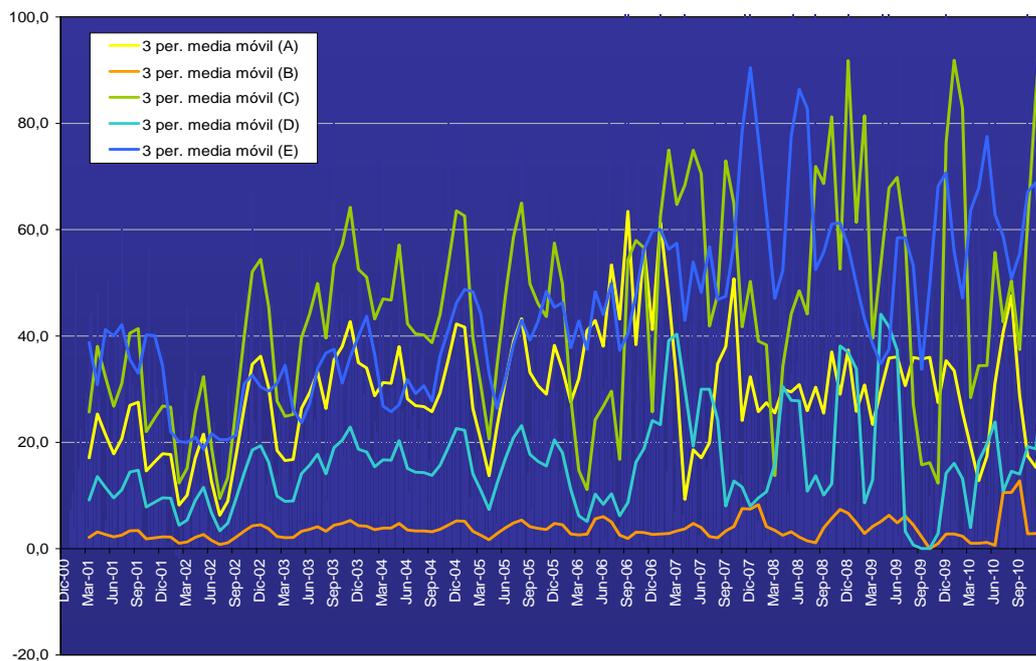
Gráfico 2.3 – Nivel de actividad histórico (IFN mensual) por segmentos



De la observación de los gráficos individuales anteriores se verifica que los segmentos {A} y {B} han mostrado un crecimiento marginal a lo largo del período analizado, en contraposición con el crecimiento evidenciado por los segmentos {C} y {E}, mientras que el segmento {D} ha mostrado una tendencia moderadamente positiva a lo largo del período.

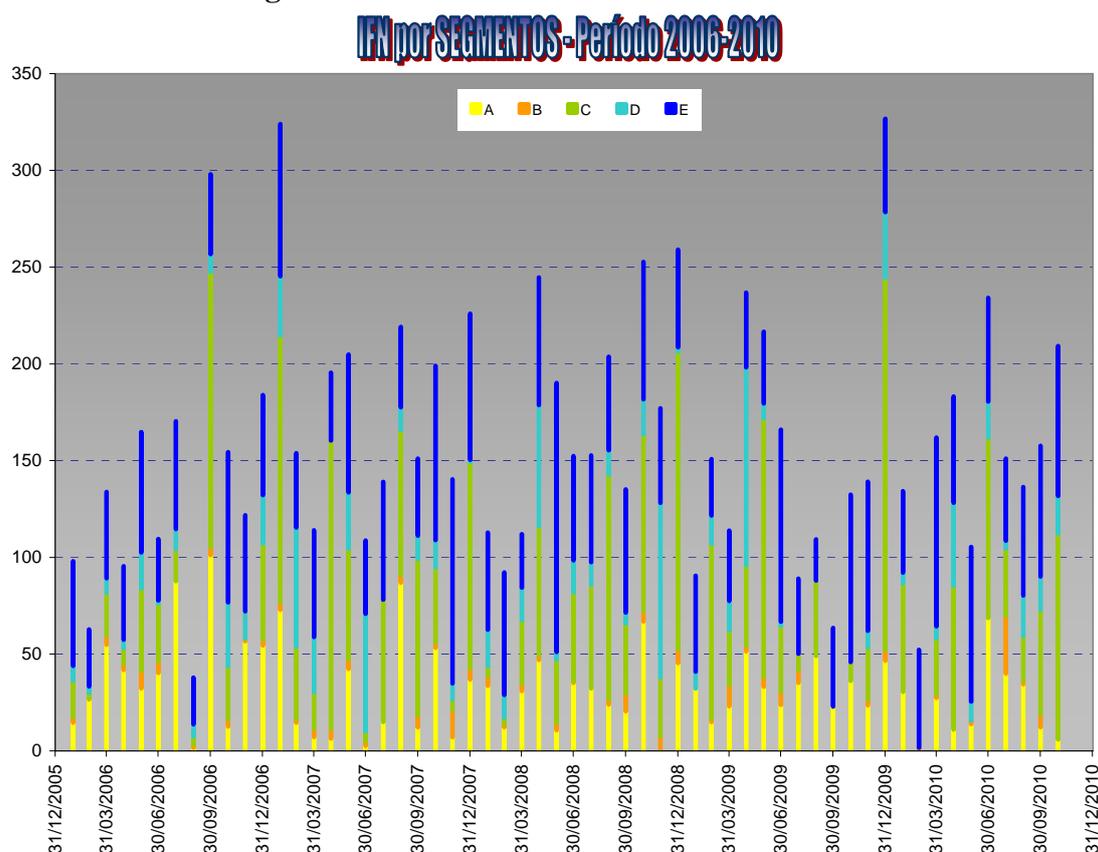
Para tener una visualización comparativa de la importancia ponderada de cada uno de los segmentos y de su comportamiento relativo, se muestran a continuación en un mismo gráfico las curvas de evolución de las medias móviles trimestrales de los índices IFN de cada uno de ellos [ver Gráfico 2.4]:

Gráfico 2.4 – Nivel de actividad histórico (IFN mensual, media móvil trimestral) comparativo de los segmentos



También es útil exponer el comportamiento histórico de las distintas categorías en términos de valor acumulado de sus indicadores IFN, lo que permite apreciar el patrón de la actividad agregada a lo largo del período bajo análisis [ver Gráfico 2.5]:

Gráfico 2.5 – Nivel de actividad histórico (IFN mensual, media móvil trimestral) acumulado de los segmentos



2c) Madurez e intensidad competitiva para los segmentos diferenciados

De alguna manera, puede considerarse que este comportamiento histórico de cada segmento en particular, y las pendientes de las respectivas líneas de tendencia están fuertemente conectadas con el grado de madurez y la intensidad competitiva de cada uno de ellos. En la tabla que sigue se han mensurado dichos indicadores y se ha calculado la tendencia en el efecto combinado de ambos atributos, en relación con la evolución del tamaño relativo de cada segmento en la mezcla del portafolio de productos y servicios comercializados por la empresa [ver Tabla 2.3 y Gráfico 2.5].

Tanto el indicador de intensidad competitiva como el de madurez se refieren a una escala de 0 a 10, correspondiéndose valores más altos para el primero con segmentos que enfrentan competencia más enérgica, y para el segundo con segmentos o productos que han estado disponibles en el mercado desde hace varios años y que presentan niveles de desarrollo tecnológico significativos pero actualmente limitados, debido a la necesidad de enfrentar disponibilidad de alternativas sustitutivas con preferencia técnica y comercial creciente por parte los usuarios.

Para el cálculo del indicador de intensidad competitiva se consideran, entre otros factores, el número de empresas competidoras – tanto locales como extranjeras –, la distribución de sus participaciones de mercado (*market share mix*), la variedad de productos alternativos o sustitutivos, la ponderación de los atributos más relevantes por

parte de los clientes y usuarios (precio, plazo de entrega, financiamiento, servicio pre y postventa, estructura de soporte por parte del proveedor, etc.), y la existencia de barreras de entrada para acceder al mercado específico de estos productos por parte de nuevos oferentes.

En el caso del indicador de madurez, se ponderan factores como el tiempo de existencia del producto en el mercado, la profundidad de los cambios tecnológicos por parte de los diseñadores y fabricantes, la vigencia de los procesos que involucran a tales equipos o productos, la disponibilidad de diseños o tecnologías superadoras y preferidas por parte de los usuarios, entre otros.

La tendencia queda definida a partir de la pendiente del vector establecido por los puntos correspondientes a la combinación de ambos indicadores en el gráfico biaxial de intensidad competitiva vs madurez, mientras que los valores promedio se calculan ponderando los indicadores para cada segmento a través de su tamaño relativo en el mix de ventas de la compañía.

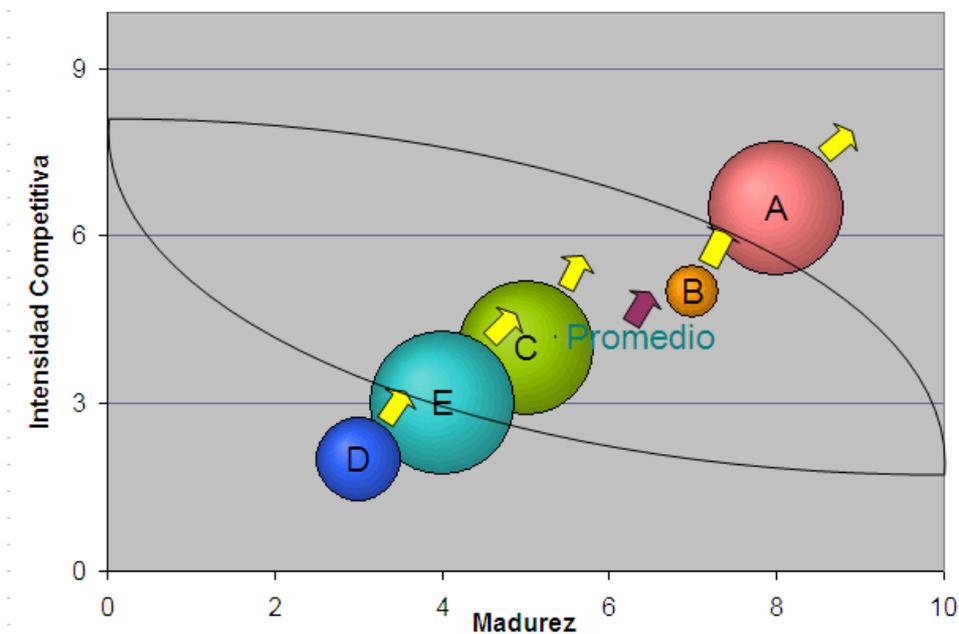
Se aclara que la empresa testigo ha proporcionado los valores de sus evaluaciones de estos indicadores, aunque se ha reservado la explicitación de la apertura de las fórmulas de cálculo de los mismos.

Tabla 2.3 – Intensidad competitiva y madurez de los segmentos vs tamaño relativo

Segmento	Descripción de los productos	Intensidad Competitiva	Madurez	Tendencia	Tamaño Relativo
A	Equipos básicos estándar Dispensoras hasta 60 HP Molinos verticales abiertos	6,5 7,5	8 9,2		3513
B	Bombas, filtros y equipos auxiliares	5 6	7 7,5		600
C	Equipos de alta producción Dispensoras > 60 HP Molinos herméticos Homogenizadores y emulsionadores Envasadoras automáticas	4 6	5 6		3520
D	Soluciones integradas: Equipos "Tinting in Plant" Plantas para Texturables Plantas para Agroquímicos Amasadoras / Prensas Líneas integradas de envasado automáticas	2 3,5	3 4		1410
E	Servicios de mantenimiento: Partes y Repuestos Reparaciones	3 4	4 5		4144
	Promedio	4,2 5,4	5,4 6,2		13187

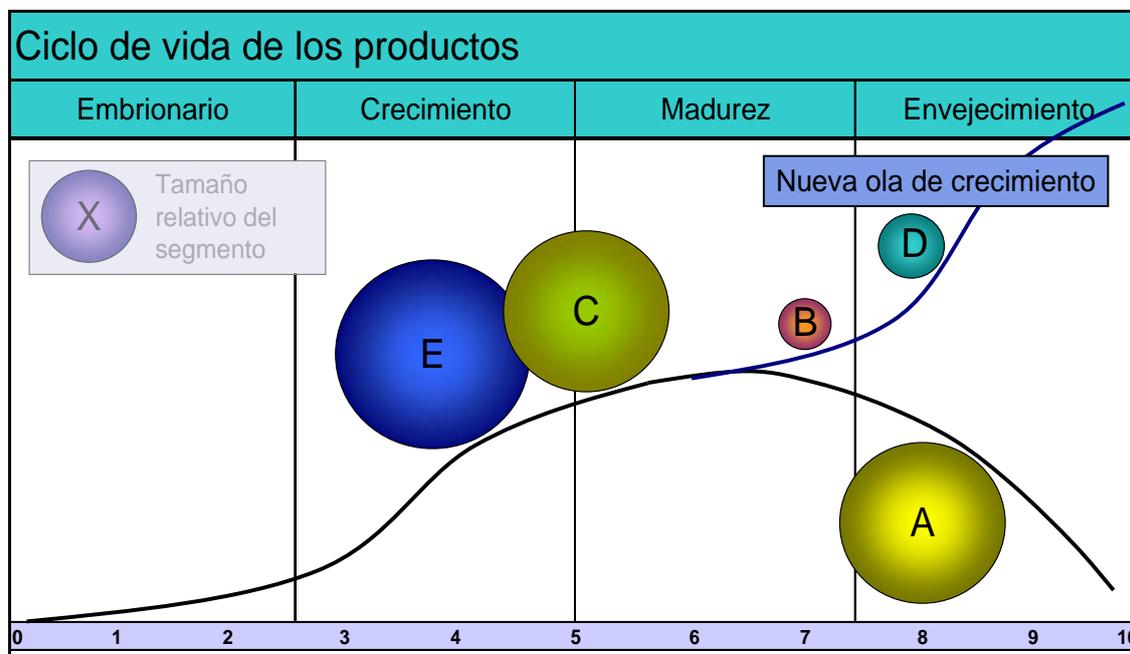
Ref.: [6,5] valores actuales [7,5] valores proyectados

Gráfico 2.5 – Intensidad competitiva y madurez de los segmentos vs tamaño relativo



Es interesante también en función de los objetivos de este análisis, establecer la ubicación de cada uno de los segmentos en su respectivo ciclo de vida, tal como se muestra en el gráfico que sigue [ver Gráfico 2.6].

Gráfico 2.6 – Ciclo de vida de los productos, discriminado por segmentos



Es claro que los segmentos más maduros, como el {A} y el {B}, han empezado a recorrer su curva descendente en su ciclo de vida, siendo reemplazados estos productos más tradicionales por las nuevas tecnologías y desarrollos. Este punto de vista es

consistente con el hecho de que la pendiente de sus líneas de tendencia en la demanda histórica para la compañía se muestran prácticamente planas durante el período analizado.

En contraposición con estos segmentos, los {C} y {E} muestran crecimiento vigoroso, reforzado inclusive durante los últimos cinco años. Particularmente es interesante considerar el comportamiento del segmento {E}, correspondiente a los servicios de mantenimiento y reparaciones, incluyendo la provisión de partes y repuestos y también los servicios por reparación en taller y en planta (“on site”). La combinación del significativo crecimiento que este segmento ha evidenciado en los últimos años junto con la importancia relativa que su participación en la actividad total de la empresa representa – es claramente el segmento que representa la mayor participación ponderada -, es una notable consecuencia de la recuperación en el nivel de actividad de la industria, de la reutilización de la capacidad instalada y la disminución de los planteles ociosos de máquinas y equipos que fueron adquiridos durante la etapa previa a la crisis derivada de la salida de la convertibilidad. También influye en este contexto, el hecho de que muchas de las empresas denominadas “medianas” y “grandes” habían desmantelado sus planteles internos de mantenimiento durante la década de los años '90, para recurrir a sistemas de “outsourcing” o tercerizados para abastecerse de estos servicios.

Resulta consistente que, en alguna medida, el segmento {E} actúa como un bien sustitutivo de los segmentos {A} y {B}, toda vez que la aplicación de programas de mantenimiento extensivo tienden a prolongar la vida útil de los equipos existentes y hacer desventajosas las alternativas de reemplazo por unidades nuevas equivalentes o tecnológicamente superiores.

Asimismo, debe remarcar el comportamiento del segmento {D}, que a juicio de los responsables de la firma, se posiciona como el segmento de mayor potencial para la evolución del negocio de la empresa, por la importancia estratégica que el mismo representa dentro del esquema de la cadena de valor de las industrias atendidas. Se ha considerado implantar al mismo dentro de una nueva ola de crecimiento dentro del ciclo de vida de los productos conexos con este segmento. Esta observación se deriva del hecho de que la mayor parte de los equipos del segmento {C} vienen acompañados por la necesidad de alguna de las soluciones incluidas en el segmento {D}, y esta tendencia ha venido reforzándose en los años recientes.

Sección 3 – Cálculo de los perfiles históricos de demanda

En esta sección se desarrollará el cálculo de los perfiles históricos de demanda experimentados por la empresa para los últimos 10 años, con el objetivo de que los mismos sirvan de base para la elaboración de los patrones proyectados de demanda generales y discriminados por segmentos, para los períodos venideros.

En primer lugar se considerará el comportamiento histórico del nivel de demanda efectiva, derivado del nivel de la actividad experimentado por la empresa para el período bajo análisis.

Debido a la naturaleza de los procesos productivos que acompañan la elaboración de los distintos productos que componen el portafolio de la compañía, debe considerarse que los plazos de entrega de buena parte de los pedidos recibidos excede los 30 días y aún en muchos casos – por ejemplo los equipos correspondientes a los segmentos A, C y D – dichos plazos pueden alcanzar los 120 a 150 días de producción.

En consecuencia, en muchos de los ítems se verifica un desfase importante entre la fecha de entrega efectiva de los productos a los clientes y la fecha de recepción del pedido, que se constituye en el hito que provoca el lanzamiento del proceso productivo. Por los motivos que se considerarán en secciones posteriores, la empresa trabaja mayormente con el concepto de “Make to Order”, y no con el de “Make for Stock”, por lo que la posibilidad de atender entregas con existencias en inventario está sólo limitada a ciertos productos estándar y a una buena parte de los componentes y repuestos necesarios para las reparaciones y servicios de mantenimiento.

A modo de referencia, se detallan a continuación indicadores de plazos de entrega aproximados para cada uno de los segmentos que componen el portafolio de productos y servicios, y sus correspondientes subcategorías por segmento [ver Tabla 3.1].

Cabe aclararse que a los efectos de su exposición, evaluación y correspondiente análisis, deben interpretarse las denominaciones “segmentos” o “categorías” como absolutamente equivalentes. Asimismo, se entienden como “subcategorías” a las particiones de cada uno de los grupos anteriores en rangos clasificados y ordenados por tamaño relativo creciente, entendiéndose a dicho atributo de “tamaño relativo” como el mejor descriptor de la subdivisión de cada grupo de productos o servicios. Cabe destacar, sin embargo, que este atributo no sólo considera el tamaño físico del equipo como potenciador de sus indicadores IDN o IFN, sino también su complejidad técnica relativa, derivada de la inclusión de características especiales, específicas o customizadas.

Las subcategorías correspondientes a cada segmento o categoría madre se identifican con los números I a VI, de tal manera que a mayor “tamaño relativo” corresponden

números crecientes de subcategorías. Debido a la complejidad creciente de los ítems incluidos en las subcategorías de numeral más alto – lo que se corresponde asimismo con valores incrementales de los indicadores normalizados IDN o IFN –, los *lead times* referenciales tienden a incrementarse en forma directa para las subcategorías superiores, aunque el incremento relativo entre subcategorías no es parejo para todos los segmentos.

Tabla 3.1 – Lead time referencial para los segmentos del portafolio de productos, discriminado por subcategorías

Valor (IFN)	LT ref Días	SEGMENTO (y Subcategorías I a VI)				
		A	B	C	D	E
0,00	1	I	I	I	I	I
0,05	2	I	I	I	I	I
0,10	5	I	I	I	I	II
0,20	7	I	I	I	I	II
0,30	10	I	I	I	I	III
0,50	20	I	II	I	I	IV
0,75	30	I	II	I	I	IV
1,00	45	II	III	I	I	V
2,00	60	II	IV	II	II	V
4,00	75	III	V	II	II	VI
10,00	90	IV	VI	III	III	VI
20,00	120	V	VI	IV	IV	VI
40,00	150	VI	VI	V	V	VI
75,00	180	VI	VI	VI	V	VI
120,00	210	VI	VI	VI	VI	VI
1.000,00	360	VI	VI	VI	VI	VI

A partir del relevamiento de las fechas de ingreso para los movimientos verificados por la empresa para el período analizado, se han podido calcular los indicadores de demanda real para la empresa, para lo cual cada registro de entrega se ha movido temporalmente hacia atrás teniendo en cuenta la fecha de recepción del correspondiente nota de pedido del cliente.

3a) Cálculo de la evolución del índice de demanda mensual normalizada

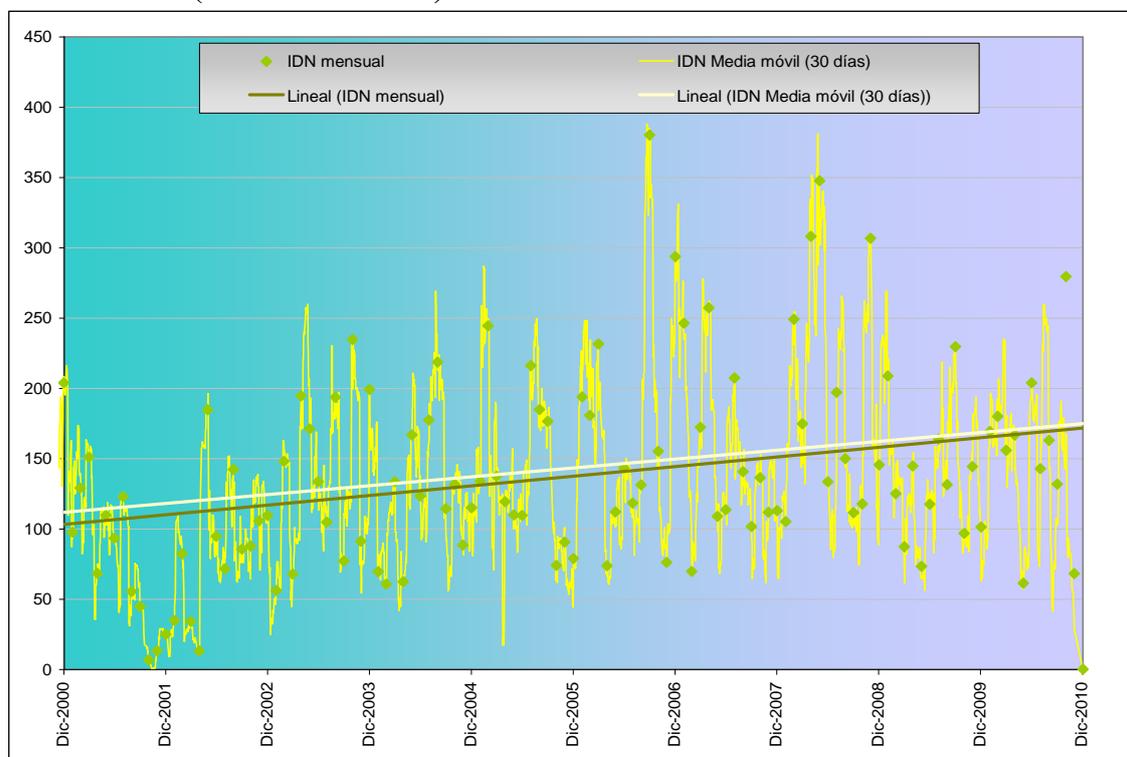
Se detalla a continuación la serie histórica de la demanda real de la compañía expresada en términos de facturación mensual equivalente. Este valor se calcula considerando los montos de facturación que se hubiesen obtenido haciendo coincidir la fecha de factura con la de recepción del pedido respectivo. Así, al eliminarse el diferimiento producido por los plazos de entrega respecto del momento efectivo de recepción de los pedidos, se consigue replicar el comportamiento real de la demanda para cada uno de los ítems facturados por la empresa. Con el objetivo de hacer comparativos dichos montos se han reexpresado los valores históricos en moneda constante del año 2001, usando como coeficiente de reexpresión el Índice de Precios Internos Mayoristas (IPIM) correspondiente al bloque “292 - Máquinas de Uso Especial” publicado por el INDEC [ver Anexo 2.1].

Asimismo, y a los efectos de estandarizar los valores para facilitar el proceso de análisis y la modelización, se han normalizado los valores ajustados calculando un Índice de Demanda Normalizada (IDN), siendo

$$\text{Índice de Demanda Normalizada (IDN)} = \frac{\text{Facturación equivalente ajustada del período } j \text{ (en moneda constante de 2001)}}{\text{Promedio Facturación ajustada del año 2001 (en moneda constante de 2001)}}$$

$$\text{Facturación equivalente ajustada del período } j \text{ (en moneda constante de 2001)} = \frac{\text{Facturación equivalente histórica del período } j \text{ (en moneda corriente)}}{\text{IPIM[292] período } j / \text{IPIM[292] promedio 2001}}$$

Gráfico 3.1 – Índice de Demanda Normalizada (IDN) mensual (años 2001 a 2010)



De la observación de los valores de la serie del índice IDN para el período analizado se confirma la marcada volatilidad de la demanda altamente variable.

Nuevamente, puede utilizarse para describir dicha volatilidad la dispersión de los valores de la media móvil para 30 días, comparando sus estimadores versus los correspondientes a la serie original [ver Tabla 2.1].

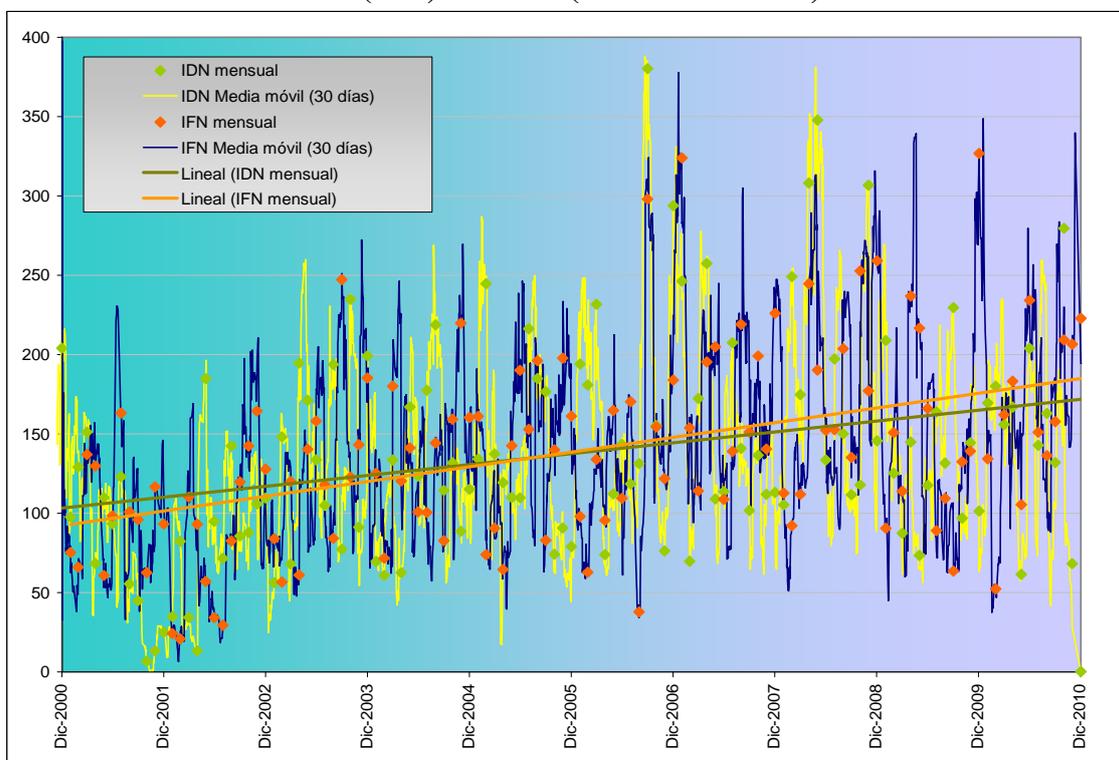
Tabla 3.2 – Medidas de dispersión de Serie IDN mensual y media móvil (30 días)

	media	desvest	coef. Variación (Pearson)	pendiente	intersección	coeficiente de determinación
	χ	σ	CV	m (1/mes)	b	r ²
Serie IDN mensual	136,99	69,12	0,505	0,686	96,83	0,1243
IDN (media móvil 30 días)	143,77	66,39	0,462	0,526	110,28	0,0705

Nuevamente se evidencia que el coeficiente de determinación de la recta de regresión lineal r^2 muestra un valor sensiblemente inferior para la serie de las medias móviles para 30 días que para la serie original mensual, lo que permite verificar que los valores de demanda diaria presentan una fuerte dispersión o, en otras palabras, el patrón de demanda es muy efectivamente poco homogéneo.

A continuación se grafican en forma comparativa las evoluciones históricas de los dos indicadores definidos para representar el perfil de la actividad de la empresa, es decir, el Índice de Demanda Normalizada (IDN) versus el Índice de Facturación Normalizado (IFN). A los efectos de facilitar la comparación se incluyen los valores mensuales, sus medias móviles para períodos de 30 días y sus tendencias de rectas de regresión [ver Gráfico 3.2].

Gráfico 3.2 – Índice de Demanda Normalizada (IDN) mensual vs Índice de Facturación Normalizado (IFN) mensual (años 2001 a 2010)



La correlación entre ambas series [ver Tabla 3.3] es relativamente baja, lo que permite asumir la no uniformidad en los plazos de ejecución de los productos, y una elevada incidencia de la superposición de las operaciones y procesos en la demanda de producción agregada, lo que a su vez genera una marcada dispersión de los plazos de entrega.

También puede observarse que la pendiente de la línea de tendencia del índice IFN es algo mayor al del índice IDN, lo que en principio podría asimilarse a un progresivo crecimiento en el tamaño relativo de los segmentos, lo que se reflejaría en un aumento paulatino en el plazo de entrega promedio de los productos.

Tabla 3.3

Correlación entre Índice de Facturación Normalizado (IFN) e Índice de Demanda Normalizada (IDN)
Años 2001 – 2010

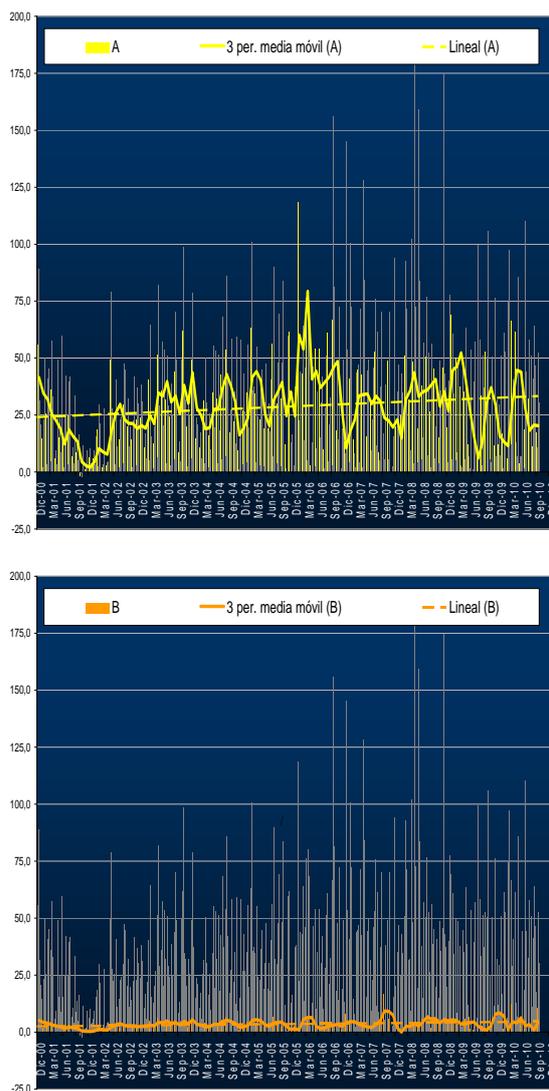
	IFN	IDN
IFN	1	
IDN	0,44760503	1

3b) Segmentación de la demanda según el portafolio de productos y servicios

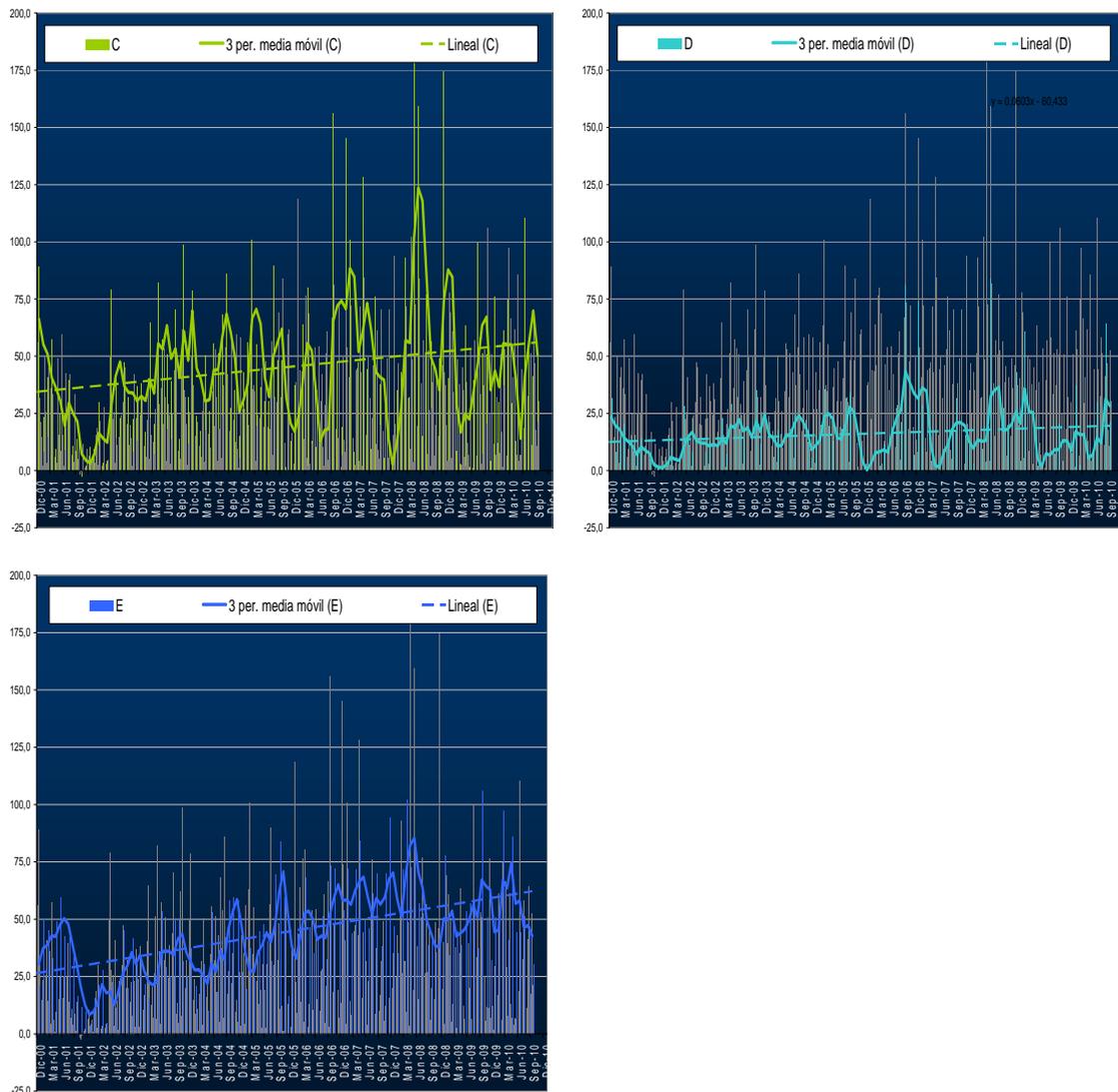
Para establecer los perfiles de demanda histórica de la compañía, se ha considerado conveniente dividir el portafolio de productos y servicios en los diferentes segmentos, tal como surge de la clasificación detallada en la Tabla 2.2.

El nivel de demanda histórica para la empresa abierto para cada una de los segmentos mencionados se expone a continuación, donde para cada segmento se incluye la evolución mensual de su IDN, la de sus medias móviles trimestrales, y su línea de tendencia para todo el período analizado [ver Gráfico 3.3].

Gráfico 3.3 – Nivel de demanda histórica (IDN mensual) por segmentos



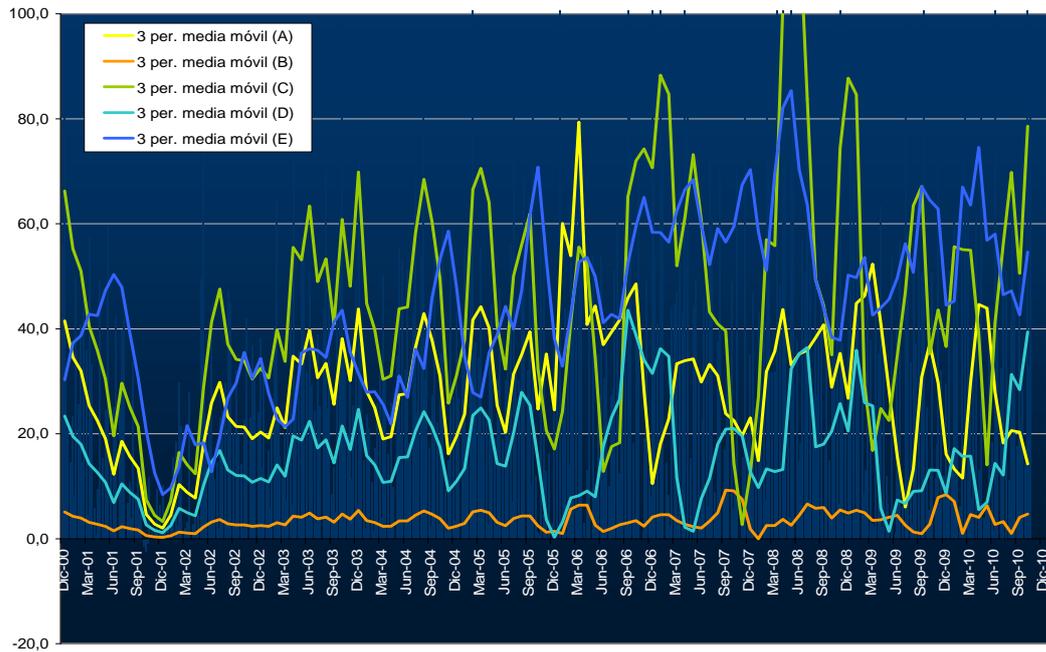
EXECUTIVE MBA 2008 / 2009



De la observación de los gráficos individuales anteriores se confirman las tendencias ya analizadas para cada uno de los segmentos o categorías en la sección 2b). {A} y {B} han mostrado un crecimiento marginal a neutro a lo largo del período analizado, en contraposición con el crecimiento vigoroso evidenciado por los segmentos {C} y {E}, mientras que el segmento {D} ha mostrado un crecimiento moderado estabilidad a lo largo del período, con una mayor expresión en el segundo quinquenio del rango.

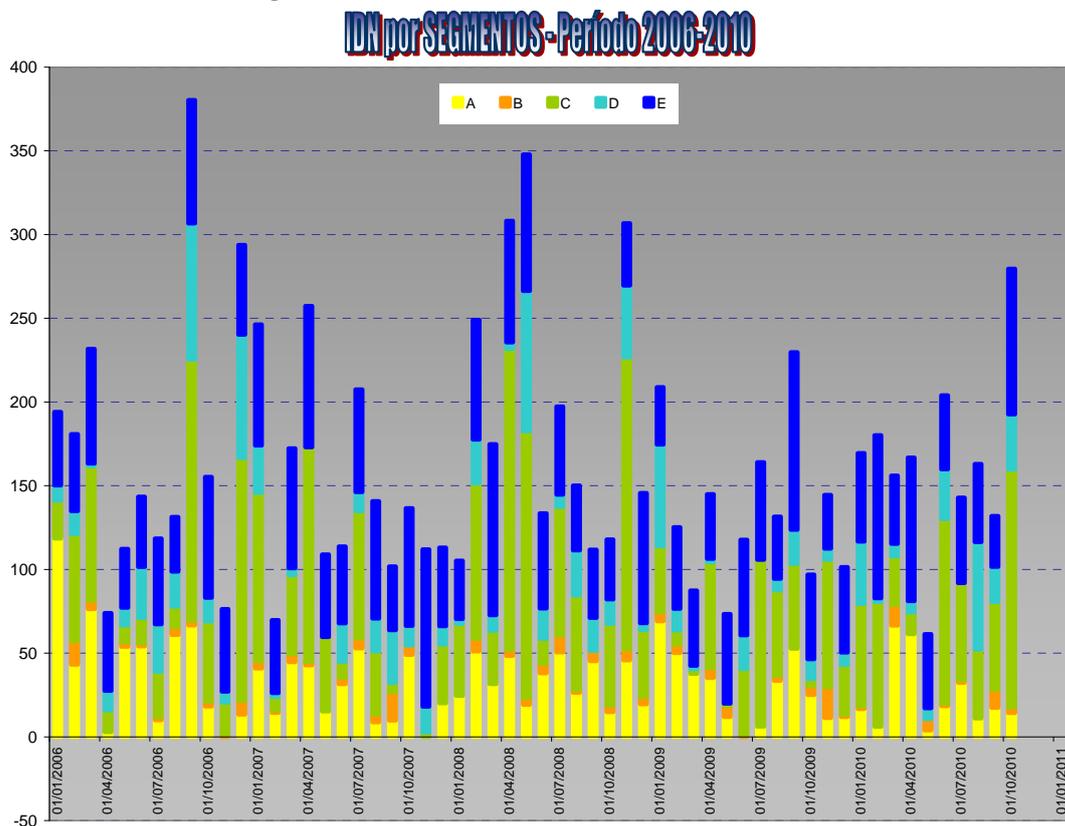
Para tener una visualización comparativa de la importancia ponderada de cada uno de los segmentos y de su comportamiento relativo, se muestran a continuación en un mismo gráfico las curvas de evolución de las medias móviles trimestrales de los índices IDN de cada uno de ellos [ver Gráfico 3.4]:

Gráfico 3.4 – Nivel de demanda histórica (IDN mensual, media móvil trimestral) comparativo de los segmentos



Al igual que lo que se expuso para los indicadores de actividad IFN, también se muestra el comportamiento histórico de las distintas categorías en términos de valor acumulado de sus indicadores de demanda IDN, lo que permite apreciar el patrón de la demanda agregada a lo largo del período bajo análisis [ver Gráfico 3.5]:

Gráfico 3.5 – Nivel de demanda histórica (IDN mensual, media móvil trimestral) acumulado de los segmentos



3c) Segregación de la demanda por tamaño y cantidad

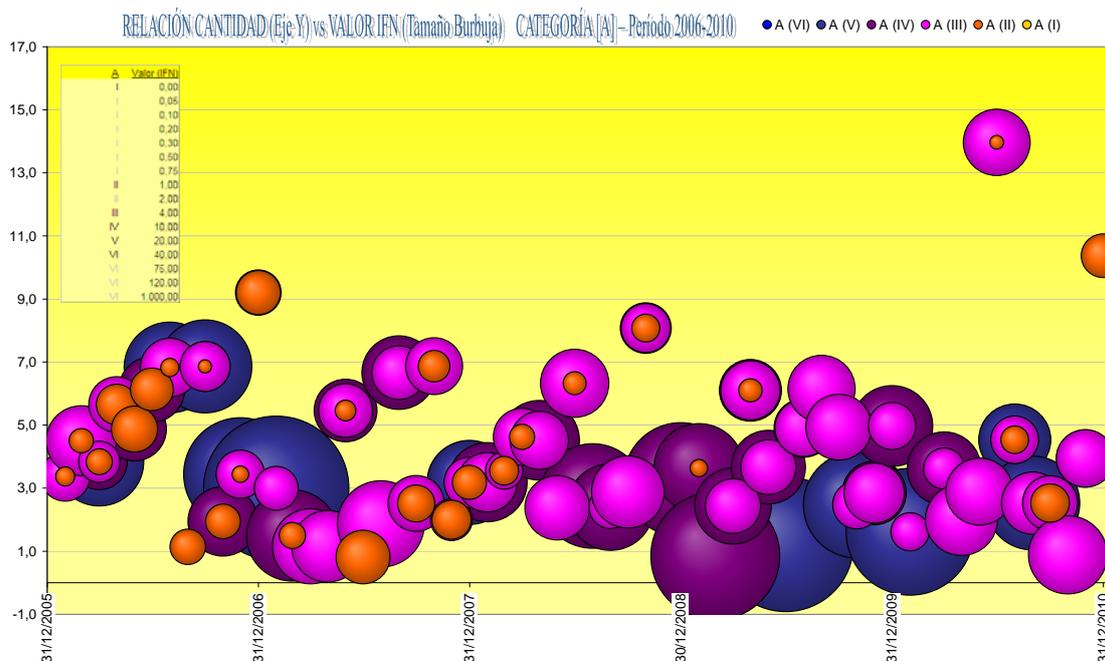
Con el objetivo de poder construir las curvas de demanda para los distintos segmentos o categorías, se ha considerado proceder a la apertura de la demanda agregada para cada una de ellos, en volumen y tamaño, y exponer su comportamiento histórico para todo el período analizado.

Para ello, se han construido los gráficos que relacionan, para cada una de las categorías o segmentos, los volúmenes o cantidades históricas demandados, segregados por cada una de las subcategorías (I a VI) en las que se particionan los mismos. Para complementar el análisis, se han ponderado los tamaños unitarios relativos a partir de los valores correspondientes de los indicadores de IFN unitario [ver Gráficos 3.6].

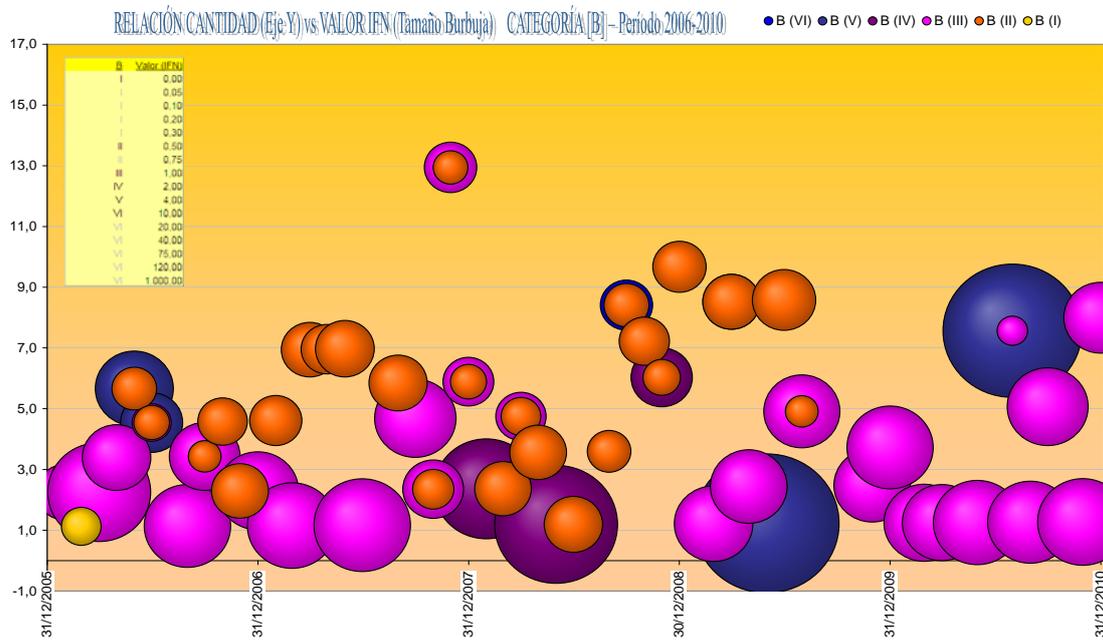
Debe observarse que los segmentos {A} a {D} incluyen ítems correspondientes a maquinarias y equipamiento, por lo que los volúmenes o cantidades asociadas son generalmente números pequeños (lógicamente el valor más usual es cantidad igual a uno), mientras que el segmento {E} incluye partes, repuestos y servicios por reparaciones y mantenimiento, lo que implica un rango de cantidades o volúmenes mucho más amplio que para los segmentos anteriores. En forma inversa, los valores unitarios de tamaño relativo son comparativamente mucho más elevados para los primeros segmentos mencionados que para los ítems correspondientes al segmento {E}.

Gráfico 3.6 – Evolución histórica de la demanda segregada por cantidad y tamaño (IFN unitario), para cada segmento o categoría.

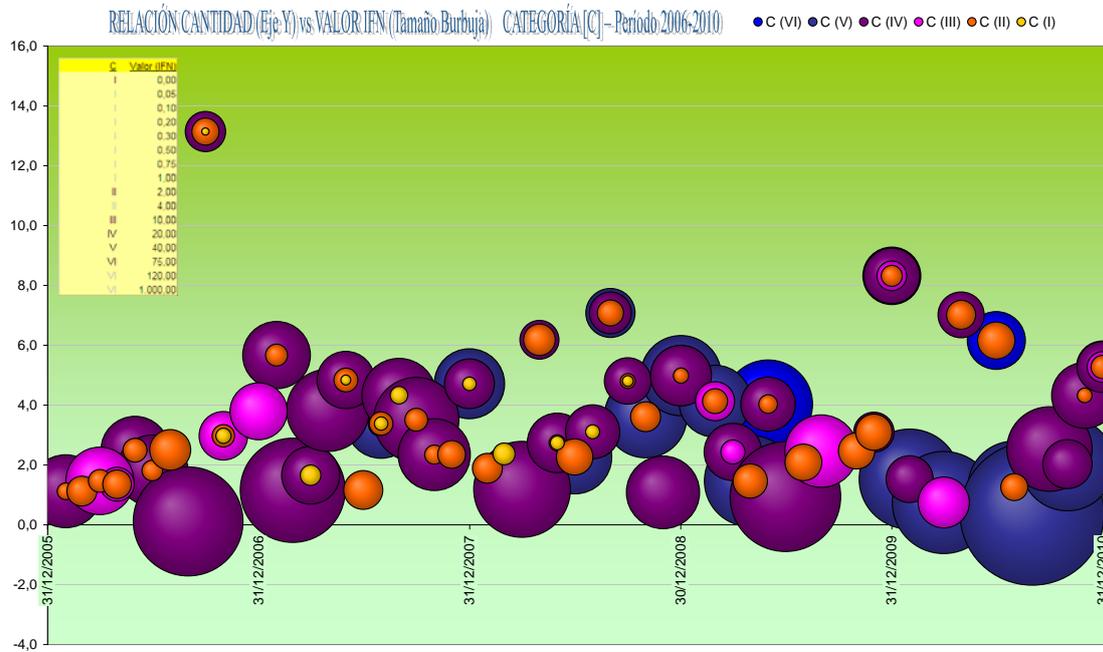
Categoría {A}



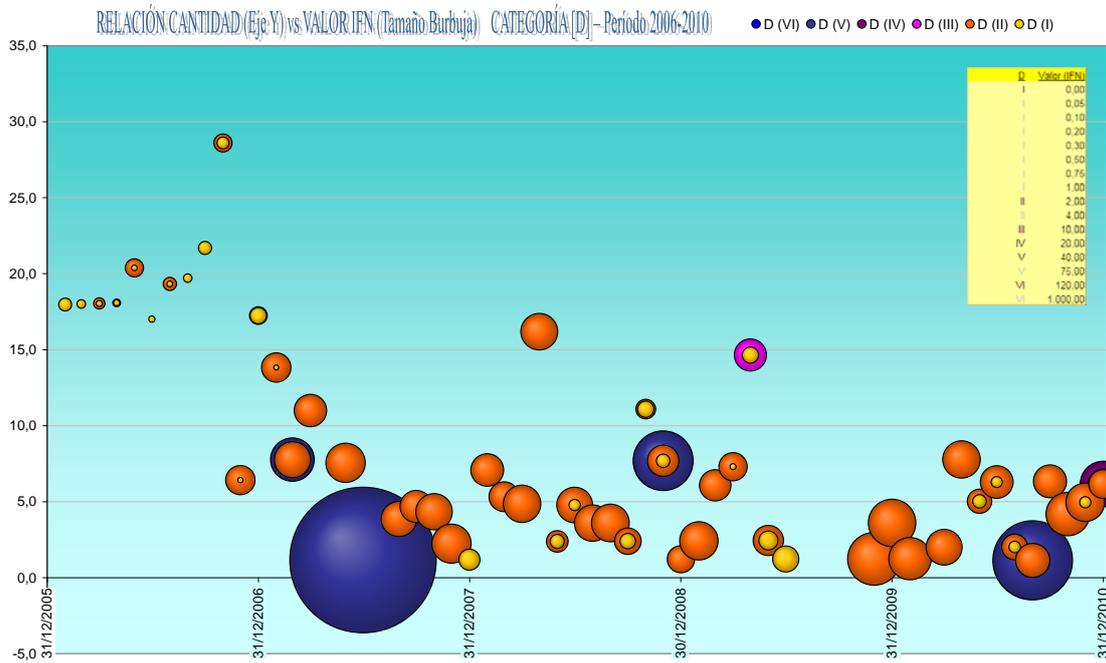
Categoría {B}



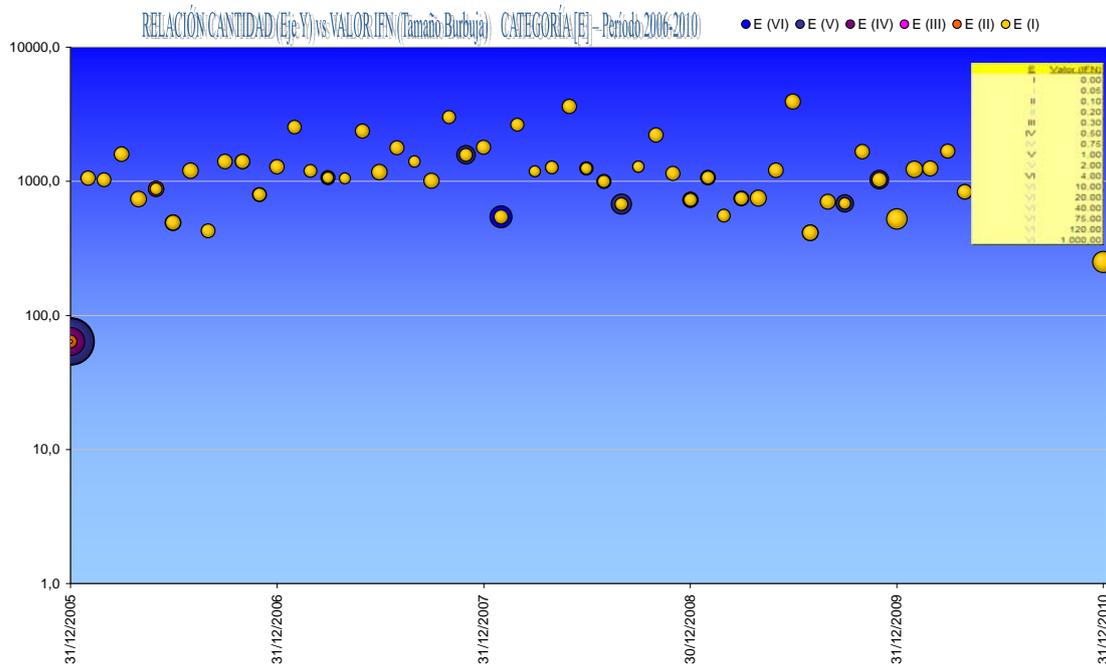
Categoría {C}



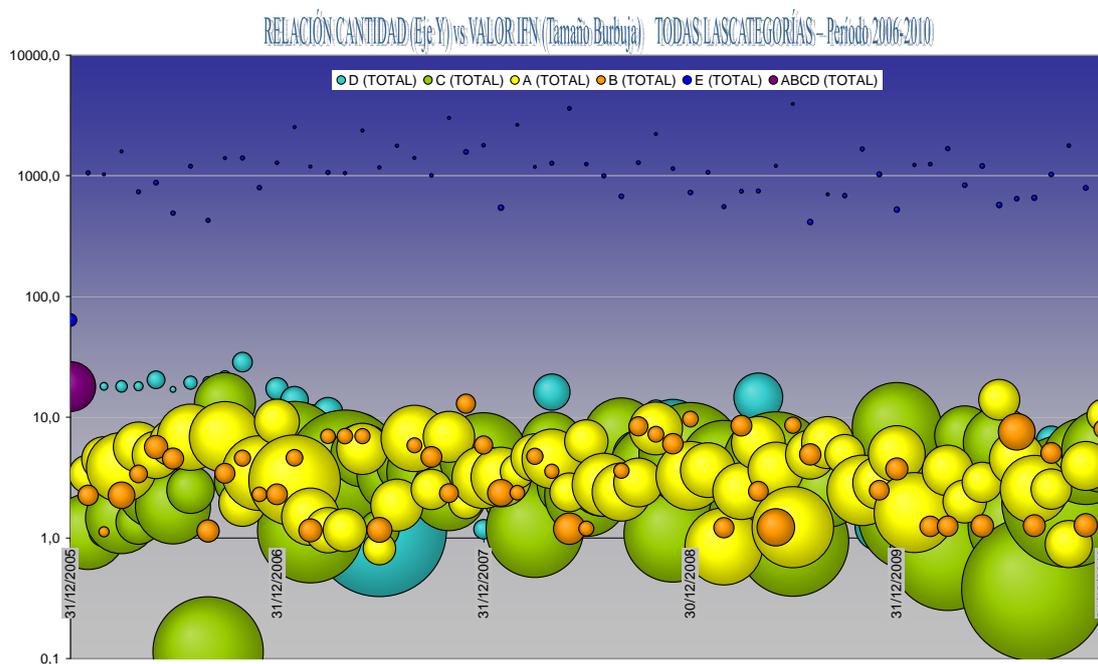
Categoría {D}



Categoría {E}



Categoría {TODAS LAS CATEGORÍAS}

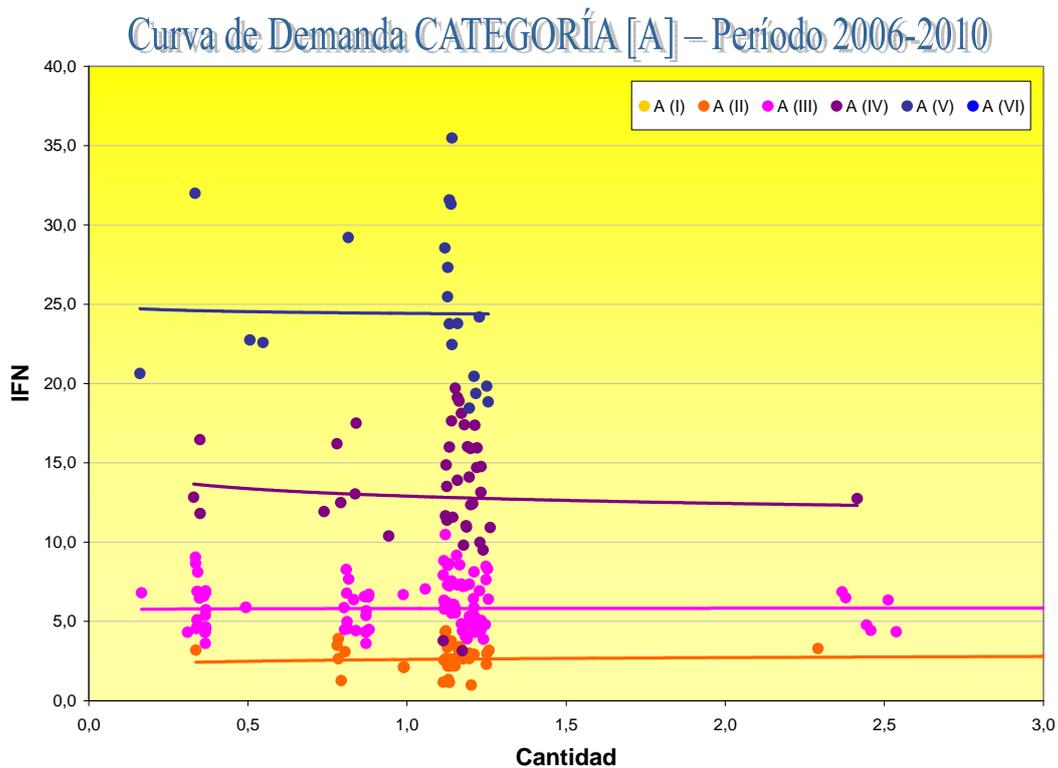


3d) Construcción de las curvas de demanda por categorías

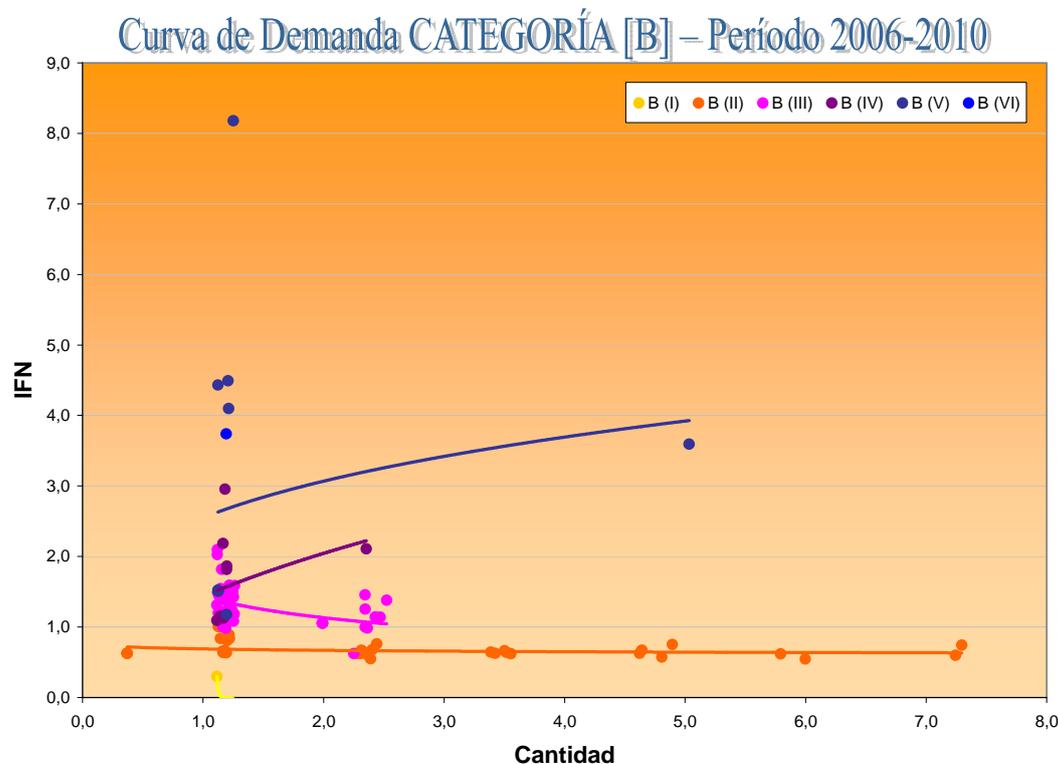
En base a la información desarrollada en los apartados anteriores, se han podido construir las curvas de demanda para los distintos segmentos o categorías, abiertas para cada una de ellos por subcategoría - en función del atributo de tamaño relativo - según las clasificaciones enunciadas en las Tablas 2.2 y 3.1.

Gráfico 3.7 – Curvas de demanda segregadas por tamaño relativo (IDN unitario), para cada categoría.

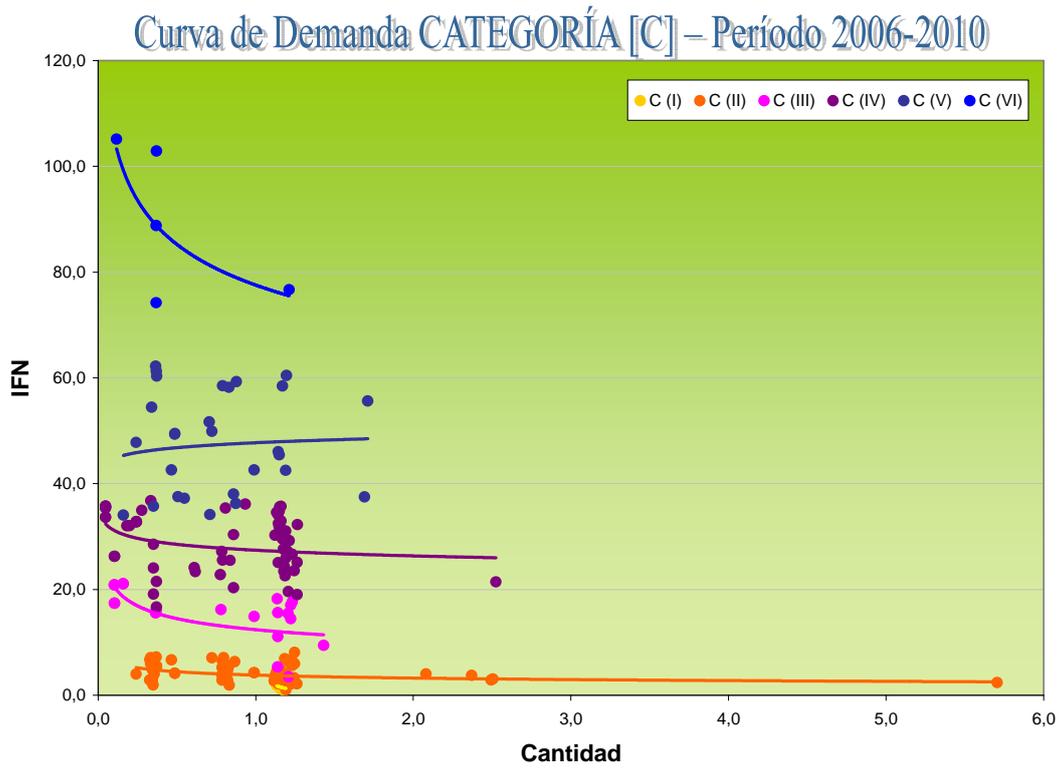
Categoría {A}



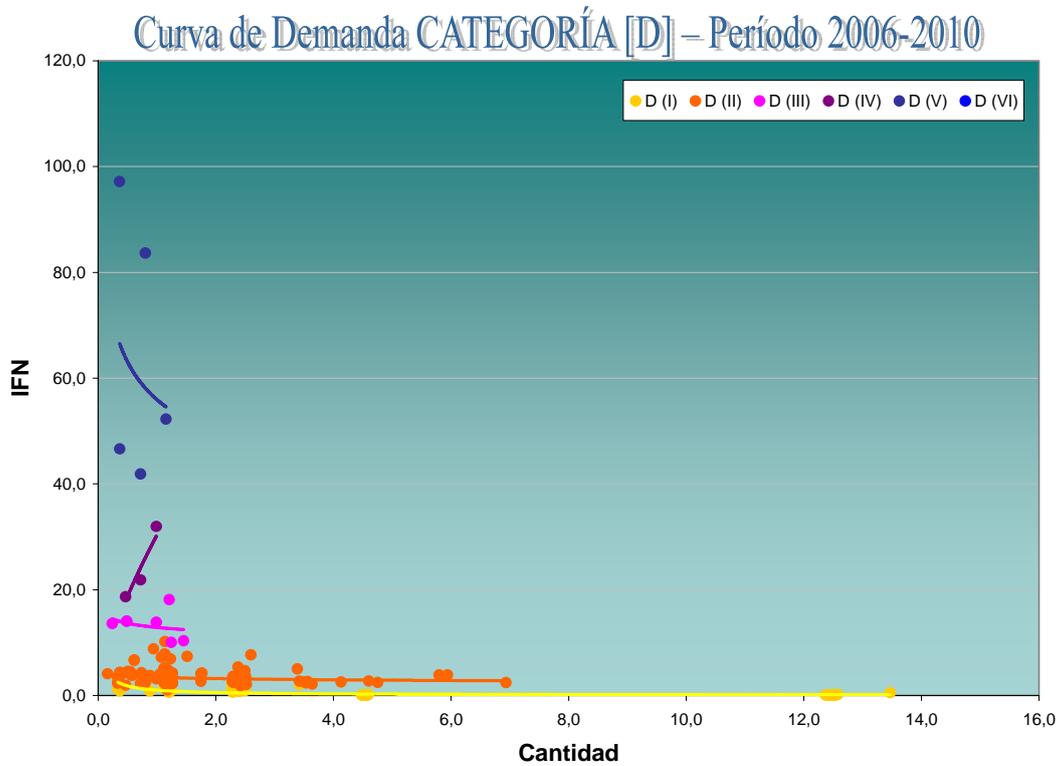
Categoría {B}



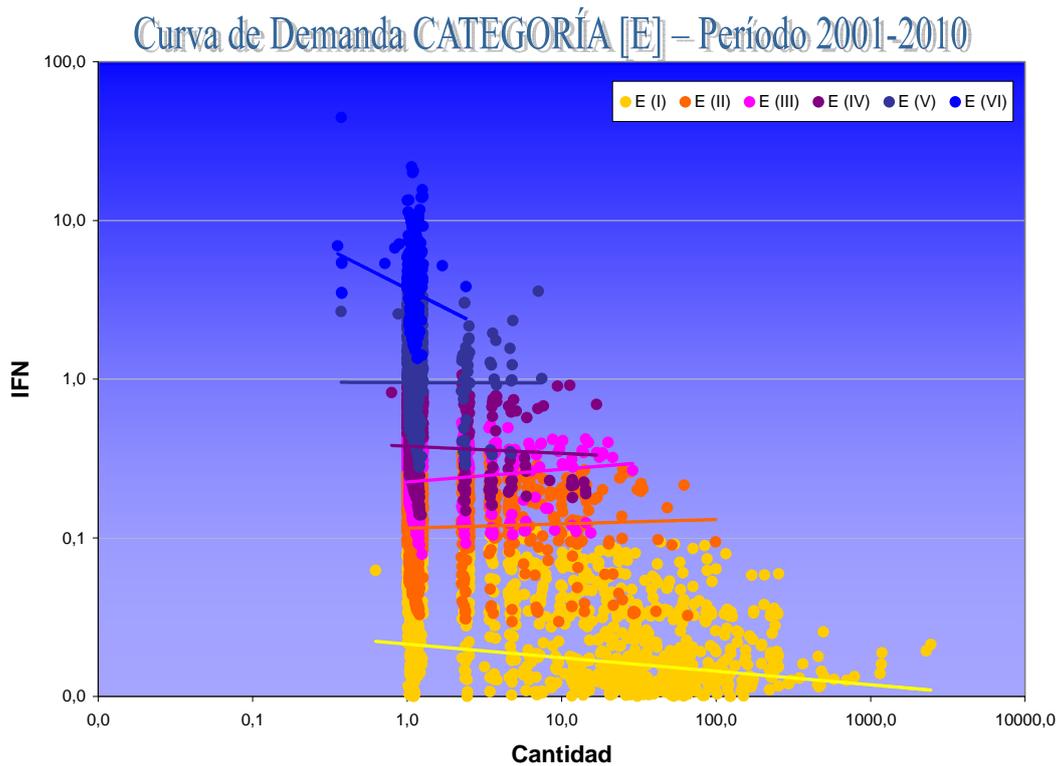
Categoría {C}



Categoría {D}



Categoría {E}



A través del análisis de los datos de las dispersiones correspondientes a cada curva, se establecen las ecuaciones de las curvas de demanda para cada categoría y subcategoría, siguiendo el método “Best Fit” que representa el mejor factor de correlación R² en cada caso [ver Tabla 3.4]:

Tabla 3.4 – Ecuaciones de las curvas de demanda por categorías

Categoría	Subcat.	Ecuación Curva Demanda (best fit)	R ²	<rango IDN \$>
A	(I)	n/d	n/d	0 50
A	(II)	$y = -0,2353x^3 + 1,4708x^2 - 2,3155x + 3,8027$	0,0304	0 50
A	(III)	$y = 0,0935x^3 - 0,7906x^2 + 1,5223x + 5,3202$	0,0269	0 50
A	(IV)	$y = 12,918x^{-0,0526}$	0,0027	0 50
A	(V)	$y = -74,621x^3 + 134,92x^2 - 60,262x + 30,804$	0,3264	0 50
A	(VI)	n/d	n/d	0 50
<hr/>				
Categoría	Subcat.	Ecuación Curva Demanda (best fit)	R ²	<rango IDN \$>
B	(I)	$y = -2,3383x + 2,9419$	1,0000	0 10

B	(II)	$y = 0,0022x^3 - 0,0201x^2 + 0,0263x + 0,7126$	0,1365	0	10
B	(III)	$y = 0,7074x^2 - 2,7332x + 3,6426$	0,2534	0	10
B	(IV)	$y = 1,4368x^{0,5124}$	0,1076	0	10
B	(V)	$y = 2,5538x^{0,2676}$	0,0371	0	10
B	(VI)	$y = 3,7489/1,202$	1,0000	0	10

Categoría	Subcat.	Ecuación Curva Demanda (best fit)	R ²	<rango IDN \$>	
C	(I)	$y = -8,8678x + 11,938$	0,2973	0	130
C	(II)	$y = -0,0444x^3 + 0,4948x^2 - 1,9597x + 5,7446$	0,1013	0	130
C	(III)	$y = -10,751x^3 + 25,001x^2 - 21,891x + 22,028$	0,4035	0	130
C	(IV)	$y = -8,2186x^3 + 30,436x^2 - 30,007x + 35,232$	0,1714	0	130
C	(V)	$y = 47,739x^{0,0289}$	0,0066	0	130
C	(VI)	$y = 46,312x^2 - 88,36x + 115,51$	0,4947	0	130

Categoría	Subcat.	Ecuación Curva Demanda (best fit)	R ²	<rango IDN \$>	
D	(I)	$y = 1,0252x^{-0,8483}$	0,5200	0	130
D	(II)	$y = 0,0044x^3 + 0,0013x^2 - 0,3558x + 4,1278$	0,0324	0	130
D	(III)	$y = -11,37x^3 + 21,523x^2 - 10,42x + 15,156$	0,2807	0	130
D	(IV)	$y = 48,314x^2 - 45,945x + 29,599$	1,0000	0	130
D	(V)	$y = -13,898\ln(x) + 57,891$	0,0794	0	130
D	(VI)	n/d	n/d	0	130

Categoría	Subcat.	Ecuación Curva Demanda (best fit)	R ²	<rango IDN \$>	
E	(I)	$y = -0,0036\ln(x) + 0,0342$	0,0799	0	5
E	(II)	$y = 0,0066\ln(x) + 0,1297$	0,0061	0	5
E	(III)	$y = 0,0231\ln(x) + 0,2471$	0,0149	0	10
E	(IV)	$y = 0,3833e^{-0,017x}$	0,0032	0	10
E	(V)	$y = 0,0023x^3 + 0,0099x^2 - 0,07x + 1,1619$	0,0047	0	50
E	(VI)	$y = -4,8804\ln(x) + 4,6931$	0,0478	0	100

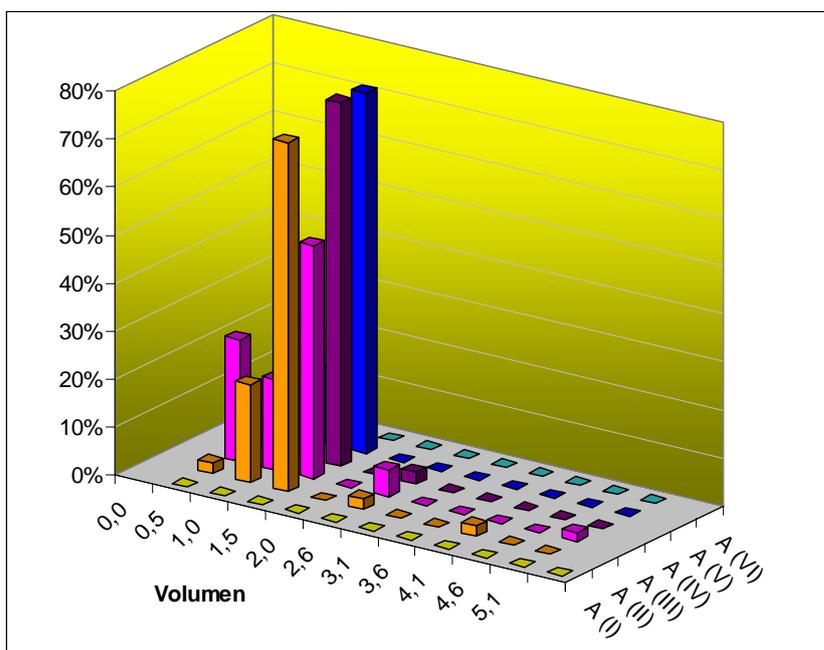
3e) Ponderación por nivel de ocurrencia

A los efectos de introducir una ponderación relativa de la ocurrencia para cada uno de los segmentos considerados, se han determinado los gráficos de frecuencia para cada uno de ellos, donde para el rango de volumen determinado para cada categoría se ha calculado la frecuencia relativa distribuida por deciles [ver Gráfico 3.8].

Gráfico 3.8 – Gráficos de frecuencia relativa de los niveles de ocurrencia de los indicadores demanda IDN segregadas por tamaño relativo para cada categoría.

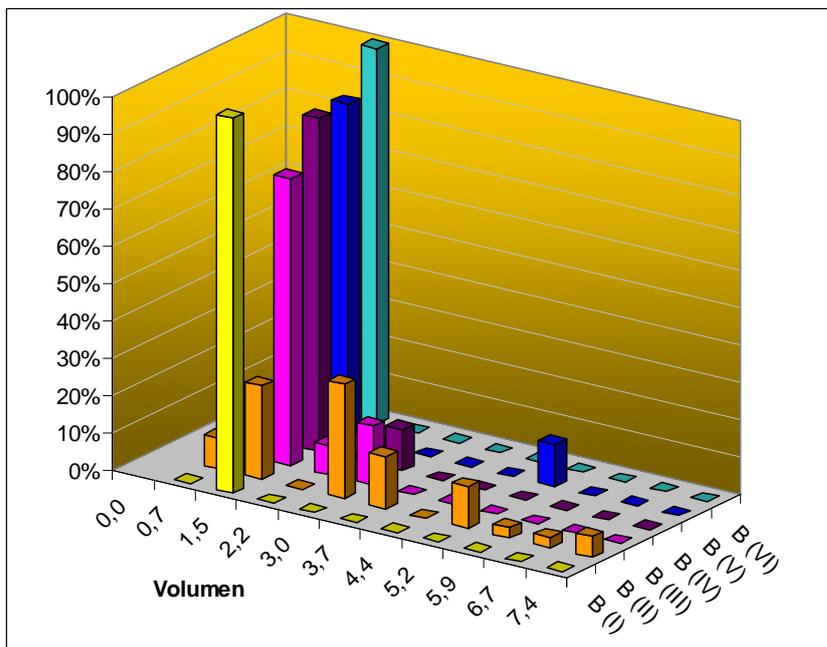
Categoría {A}

Distribución de frecuencia de volúmenes por subcategoría – Período 2006-2010



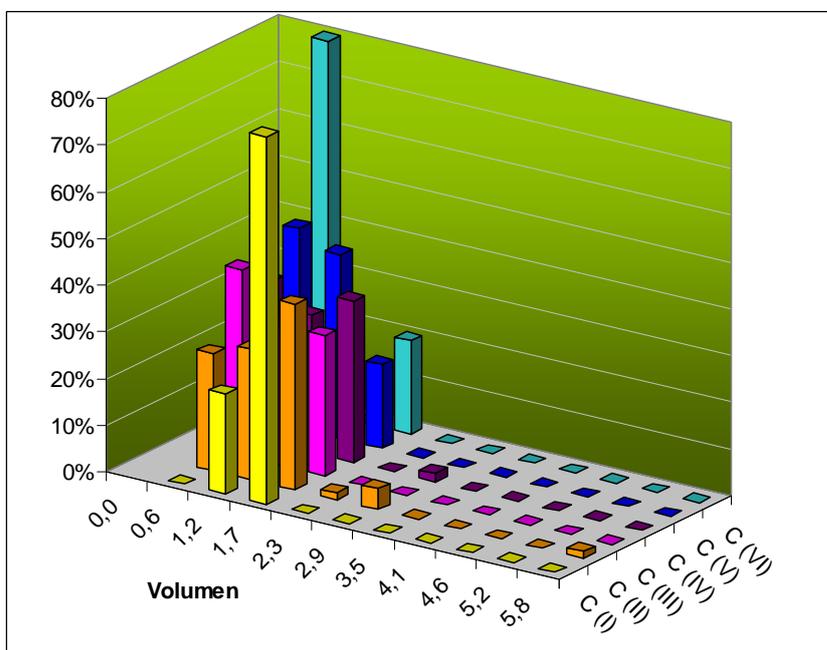
ategoría {B}

Distribución de frecuencia de volúmenes por subcategoría – Período 2006-2010



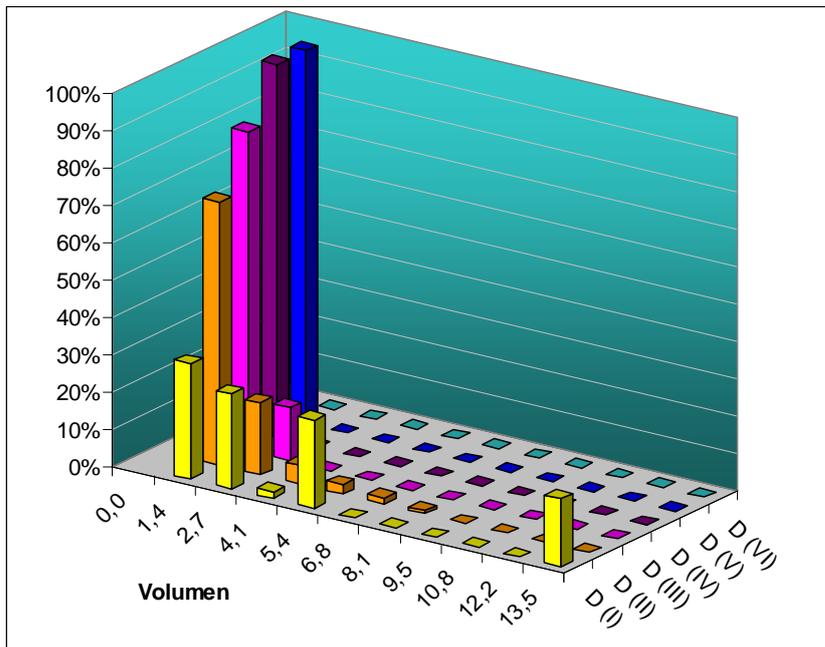
Categoría {C}

Distribución de frecuencia de volúmenes por subcategoría – Período 2006-2010



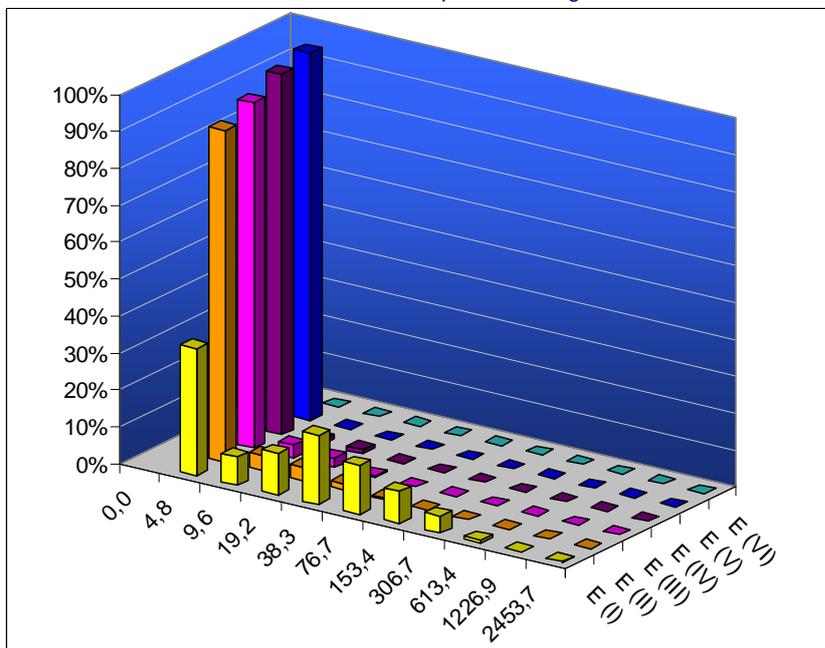
Categoría {D}

Distribución de frecuencia de volúmenes por subcategoría – Período 2006-2010



Categoría {E}

Distribución de frecuencia de volúmenes por subcategoría – Período 2001-2010



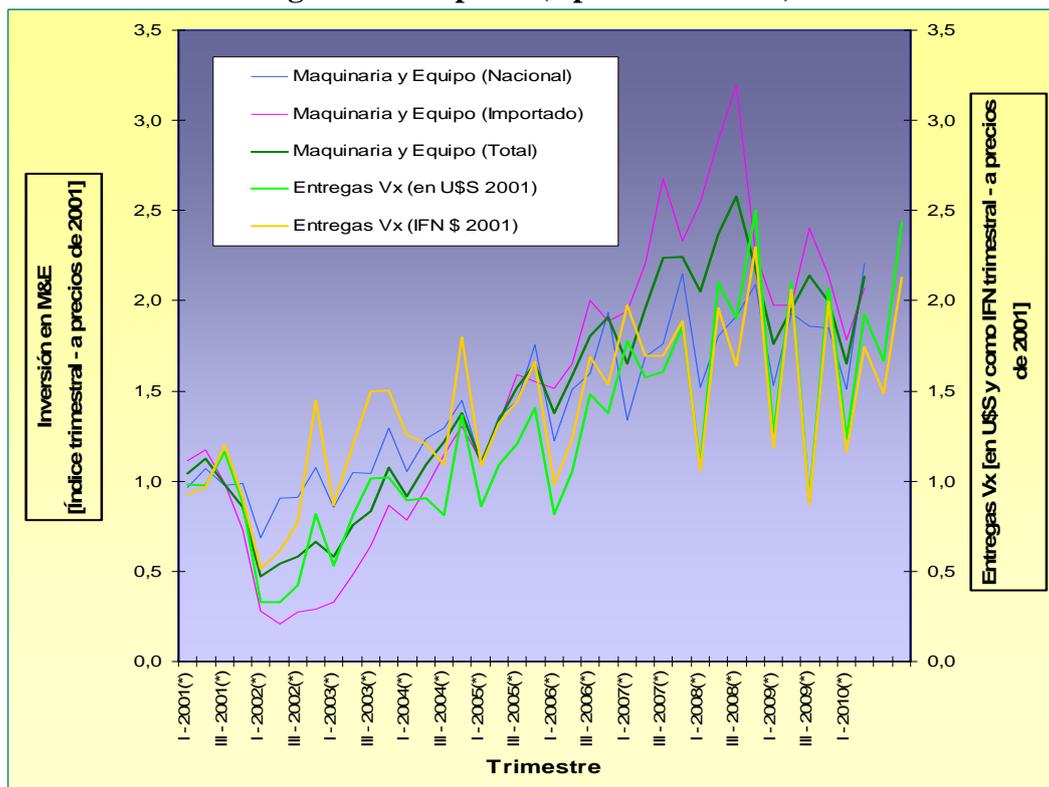
Sección 4 - Planteo de escenarios para la demanda proyectada (forecasting)

En esta sección se desarrollará el planteo de diferentes escenarios para la elaboración de los patrones proyectados de demanda generales y discriminados por segmentos, para los períodos venideros.

Tal como se planteó en la Sección I, la industria de bienes de capital ha mostrado históricamente un comportamiento pro cíclico muy acentuado reflejado a través de una correlación positiva entre Inversión Bruta Interna Fija (IBIF) – fundamentalmente respecto de la inversión bruta en máquinas y equipos como bienes durables – y el crecimiento del Producto Bruto Interno (PBI) [ver Gráfico 1.1 y Tabla 1.1].

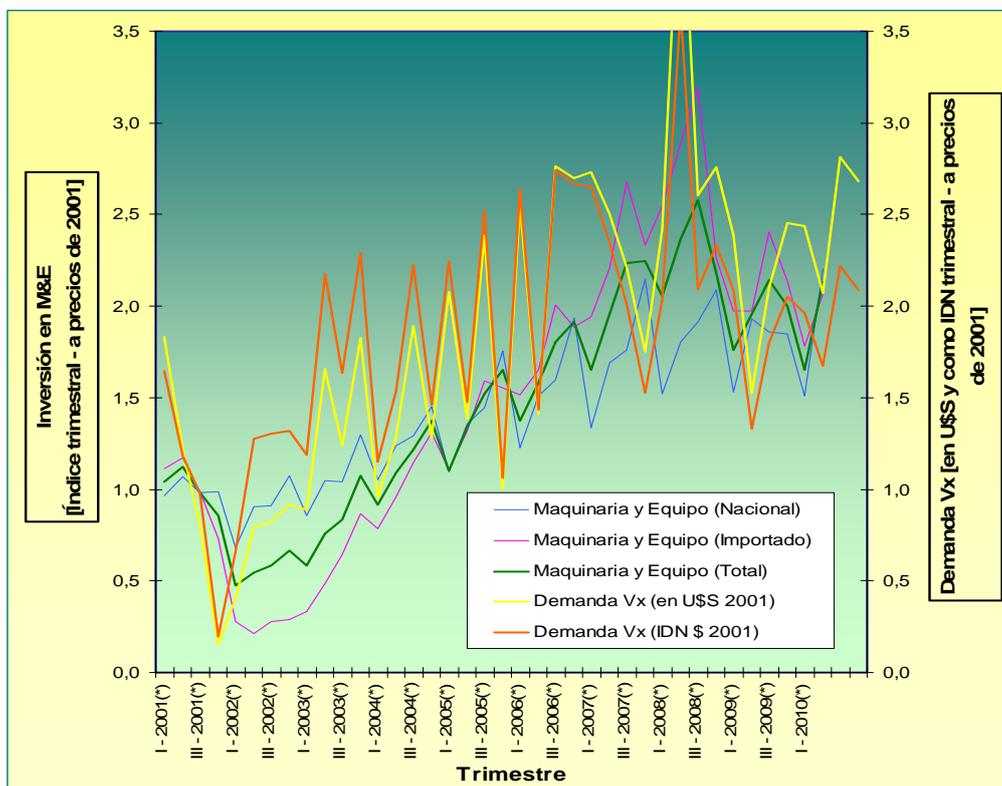
De tal manera que resulta provechoso en función del objetivo de esta Sección, el introducir en el contexto de dicho análisis el comportamiento histórico de la demanda agregada para la empresa, en términos de los indicadores definidos en las secciones anteriores, a saber, el Índice de Facturación Normalizado (IFN) y el Índice de Demanda Normalizado (IDN), para el período de análisis. A los efectos de excluir los efectos derivados de las variaciones monetarias, se han re expresado dichos índices en moneda constante del año 2001, tanto en dólares estadounidenses (por ser ésta la base mayoritaria de fijación de los precios de venta por parte de la compañía) y en pesos [ver Gráficos 4.1 y 4.2 y Tabla 4.1].

Gráfico 4.1 – Tasa de Inversión Bruta Interna Fija en Máquinas y Equipos sobre PBI vs Índices de Entregas de la empresa (a precios de 2001)



Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales y relevamientos propios

Gráfico 4.2 – Tasa de Inversión Bruta Interna Fija en Máquinas y Equipos sobre PBI vs Índices de Demanda de la empresa (a precios de 2001)



Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales y relevamientos propios

Tabla 4.1

Coefficientes de correlación PBI e IBIF (Máq. & Equipos) vs Indicadores de Actividad de la empresa (2001-2010)

	PBI	M&E (nac)	M&E (imp)	M&E (total)	Entregas (Vx US\$)	Entregas (Vx IFN)	Demanda (Vx US\$)	Demanda (Vx IDN)
PBI	1							
M&E (nac)	0,9438	1						
M&E (imp)	0,8977	0,8344	1					
M&E (total)	0,9487	0,9245	0,9815	1				
Entregas (Vx US\$)	0,8291	0,8301	0,7958	0,8388	1			
Entregas (Vx IFN)	0,6422	0,7107	0,6100	0,6688	0,9163	1		
Demanda (Vx US\$)	0,7117	0,6331	0,7774	0,7576	0,6414	0,5294	1	
Demanda (Vx IDN)	0,4836	0,4396	0,5653	0,5437	0,4499	0,4474	0,9328	1

A partir de los gráficos y tabla anteriores puede verificarse que efectivamente los patrones de actividad para la empresa parecieran reflejar el comportamiento general de la industria, evidenciándose una importante correlación entre las curvas de PBI e IBIF para Máquinas y Equipos por un lado y los indicadores de actividad, siendo el indicador de entregas expresado en dólares estadounidenses constantes el parámetro que mejor se ajusta a dicho comportamiento (con un coeficiente de correlación de 0,8291 vs PBI y 0,8388 vs IBIF Máquinas y Equipos). Las curvas normalizadas en pesos constantes tienden a distorsionarse respecto del comportamiento general, tanto de la economía en su conjunto como del sector específico de la industria, hecho que puede interpretarse como derivado de una tendencia general a fijar los precios de este tipo de bienes durables de capital en moneda extranjera, bajo una fuerte influencia de los equivalentes provistos por proveedores internacionales. En este contexto, el relativo estancamiento experimentado por la cotización de la moneda local frente a sus referentes extranjeros ha provocado en los años recientes un cierto atraso en los precios locales del sector específico, en comparación con los valores generales de la industria en su conjunto.

4a) Definición de las variables rectoras para fijar los escenarios

En este marco, se ha considerado relevante plantear diversos escenarios para los períodos venideros que han de ser objeto de la aplicación del modelo, basados en hipótesis sustantivas de crecimiento de los indicadores macro referidos; esto es, el crecimiento del PBI (en pesos constantes), las relaciones de IBIF total y del sector específico sobre PBI, y las evoluciones de los stocks agregados de bienes de capital y del segmento específico de máquinas y equipos [ver Tabla 4.2].

Tabla 4.2 – Escenarios de evolución de los parámetros macroeconómicos

Resumen de escenario				
	Valores actuales:	Esperado:	Pesimista:	Optimista:
Celdas cambiantes:				
% crec. PBI	9,07%			
IBIF / PBI	21,85%			
% crec. Stock Cap.	1,73%			
IBIF (M&E) / PBI	5,56%			
% crec. Stock M&E	1,06%			
IBIF (M&E) / IBIF	25,47%			
Celdas de resultado:				
% crec. PBI		6,78%	4,74%	9,01%
IBIF / PBI		21,94%	17,56%	23,70%
% crec. Stock Cap.		2,12%	1,59%	2,65%
IBIF (M&E) / PBI		5,92%	4,14%	6,51%
% crec. Stock M&E		1,80%	1,35%	2,25%
IBIF (M&E) / IBIF		26,98%	23,60%	27,48%

Resumen de escenario				
	Valores actuales:	Esperado:	Pesimista:	Optimista:
Celdas cambiantes:				
PBI (\$ 2003)	422.683			
IBIF (Total) (\$ 2003)	369.381			
Stock Capital (\$ 2003)	763.827			
IBIF (M&E) (\$ 2003)	94.081			
Stock M&E (\$ 2003)	131.204			
% crec. IBIF (M&E)	8,11%			
Celdas de resultado:				
PBI (\$ 2003)		451.332	442.737	460.786
IBIF (Total) (\$ 2003)		396.168	310.899	436.824
Stock Capital (\$ 2003)		780.022	775.974	784.071
IBIF (M&E) (\$ 2003)		106.874	73.387	120.024
Stock M&E (\$ 2003)		133.565	132.975	134.155
% crec. IBIF (M&E)		13,60%	-22,00%	27,57%

(*) Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales / ADIMRA, Informe de Coyuntura Trimestral, III trimestre 2010 – Octubre 2010 / La coyuntura de las PyME industriales – Fundación Observatorio PyME – Mayo 2010

Las relaciones entre los valores de crecimiento para el escenario esperado y los correspondientes a los escenarios pesimista y optimista se han definido en función del comportamiento histórico de dichas variables macro durante el período testigo, tomando como referencia las expectativas del sector obtenidas a partir de estudios macroeconómicos de coyuntura emitidos por las instituciones mencionadas.

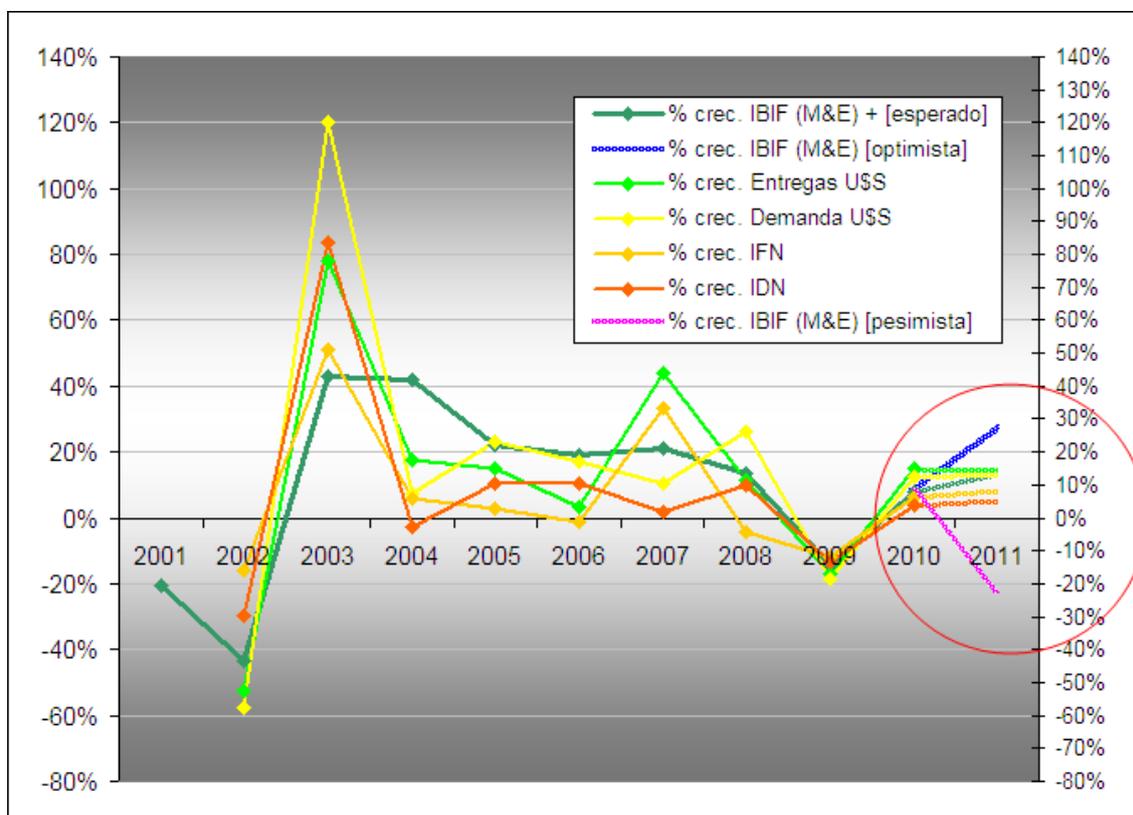
Asimismo, el análisis de correlación entre las variables macro y los indicadores de nivel de actividad para la empresa permite a su vez plantear la base de cálculo para estimar los porcentajes de crecimiento de estos para el período objetivo, para los diferentes escenarios definidos (esperado, pesimista y optimista) [ver Tabla 4.3].

Tabla 4.3 – Escenarios de evolución de los indicadores del nivel de actividad de la empresa

		% crec. Entregas U\$S	% crec. IFN	% crec. Demanda U\$S	% crec. IDN
Histórico	2001				
	2002	-52,55%	-16,14%	-57,64%	-29,49%
	2003	78,06%	51,13%	120,08%	83,56%
	2004	17,61%	5,62%	7,24%	-3,02%
	2005	14,85%	2,96%	23,07%	10,41%
	2006	3,53%	-1,38%	16,92%	10,51%
	2007	44,14%	33,39%	10,53%	1,79%
	2008	11,50%	-4,18%	26,28%	10,15%
	2009	-16,84%	-11,97%	-18,32%	-13,61%
Actual	2010	14,94%	6,54%	12,42%	3,77%
Esperado	2011	14,41%	8,43%	13,44%	5,13%
Pesimista	2011	-23,32%	-13,64%	-21,74%	-8,30%
Optimista	2011	29,23%	17,10%	27,26%	10,41%

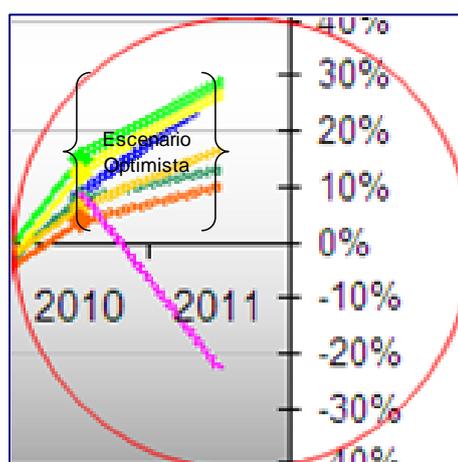
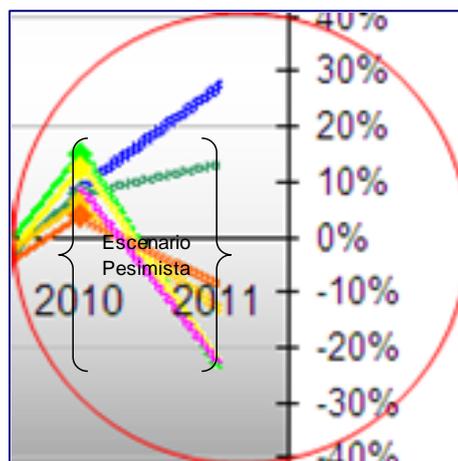
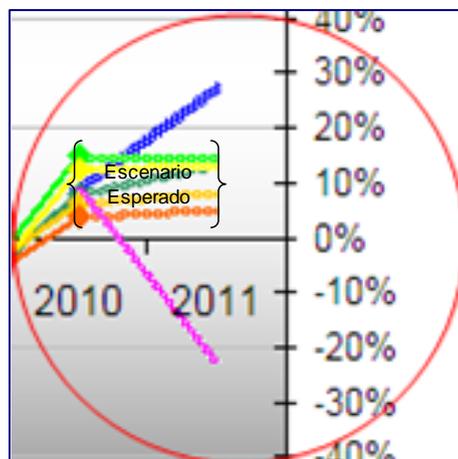
En forma comparativa, pueden visualizarse los porcentajes de crecimiento históricos y proyectados para los diferentes indicadores, acotando los rangos de evolución de acuerdo con los límites establecidos para los escenarios extremos [ver Gráficos 4.3 y 4.4].

Gráfico 4.3 – Porcentajes de crecimiento de la Tasa de Inversión Bruta Interna Fija en Máquinas y Equipos sobre PBI vs Índices de Actividad de la empresa (a precios de 2001). Series históricas (años 2001 – 2010) y proyectadas para los escenarios planteados (año 2011).



Nota: los porcentajes de crecimiento de los indicadores de actividad se exhiben únicamente para el escenario esperado (EE).

Gráfico 4.4 – Porcentajes de crecimiento de la Tasa de Inversión Bruta Interna Fija en Máquinas y Equipos sobre PBI vs Índices de Actividad de la empresa (a precios de 2001). Series históricas (año 2010) y proyectadas para los escenarios planteados (año 2011).



Los porcentajes de crecimiento aquí obtenidos se utilizarán en la sección que sigue como base para la estimación de las tendencias de crecimiento de los niveles de actividad de la empresa proyectados, bajo cada uno de los escenarios planteados.

Sección 5 – Desarrollo del modelo de simulación para la elaboración de las proyecciones de los perfiles de demanda agregada para cada escenario

En esta sección se elaborará un modelo de predicción estocástica que, basándose en herramientas de simulación dinámica, permitirá delinear, para cada escenario planteado en la sección anterior, los perfiles de demanda esperada, y sus correspondientes reflejos sobre los niveles de actividad de la empresa, en términos de indicadores de demanda agregada y segmentada por categorías de productos y servicios, a lo largo de todo el horizonte del período bajo análisis.

La determinación de los perfiles de demanda futura por artículo constituirá uno de los pilares para el armado de Programa Maestro de Producción proyectado (MPS), y su posterior apertura en el respectivo Programa detallado de trabajos de taller, para así poder evaluar los resultados de las diferentes herramientas de optimización para la asignación de los recursos de capacidad disponible, en función de mejorar los niveles de prestación y servicio generados por la empresa.

5a) Proyección de los niveles de actividad para los escenarios planteados

Utilizando las herramientas de simulación *CB Predictor* provista por el software “*Crystal Ball*” de ORACLE® versión 11.1.1.1.00, se ha procedido a proyectar los niveles esperados de actividad para la empresa, abiertos en función de las distintas categorías de productos y servicios.

A los efectos de validar la pertinencia de los valores proyectados, el proceso se aplicó por separado a las series de los indicadores de demanda IDN por un lado, y a las series de sus respectivos indicadores de entregas IFN por el otro. Si bien el objetivo de esta sección radica fundamentalmente en la obtención del perfil esperado de demanda agregada para los meses venideros, la correlación de estos valores versus los correspondientes a las entregas efectivas permitirá verificar la validez de la herramienta aplicada y de las hipótesis adoptadas.

En los Anexos 5.1 y 5.2 se desglosa el análisis de la bondad de ajuste para los distintos métodos estadísticos aplicados por la herramienta de proyección – incluyendo la incidencia de factores de estacionalidad - que permite seleccionar el mejor método de aproximación para cada uno de los segmentos por separado, y en forma conjunta para la actividad total agregada.

Así, se han obtenido las respectivas curvas de demanda y de entregas proyectadas para el período 2011, para el escenario base o esperado [ver Gráficos 5.1 y 5.2].

Gráfico 5.1 – Curvas de demanda histórica y proyectada según índice IDN (a precios de 2001)

Período 11-2000 a 10-2011 – escenario esperado – Método *Best Fit* (CB Predictor)

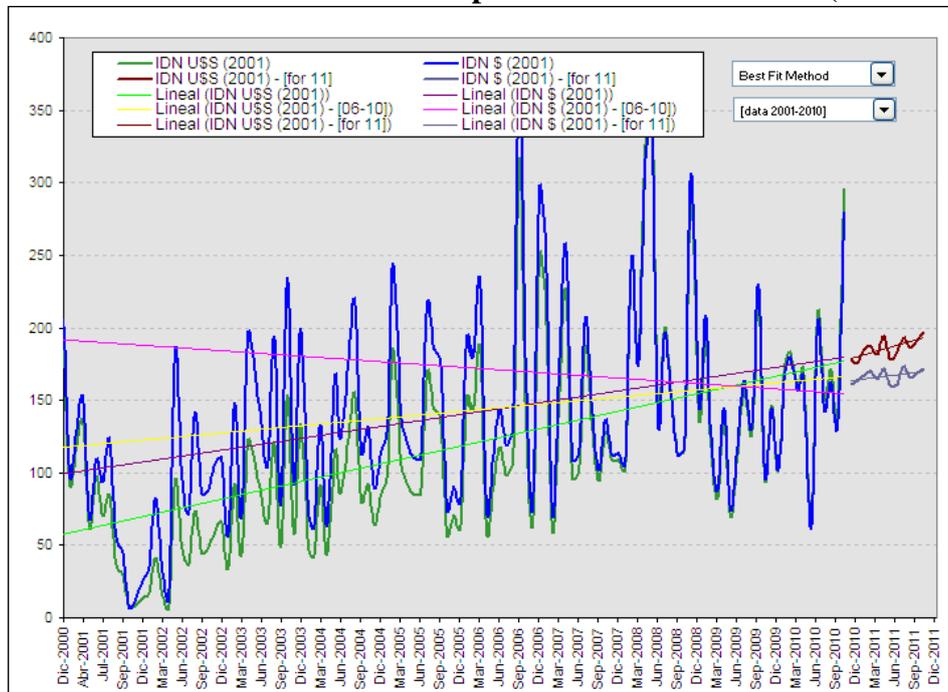
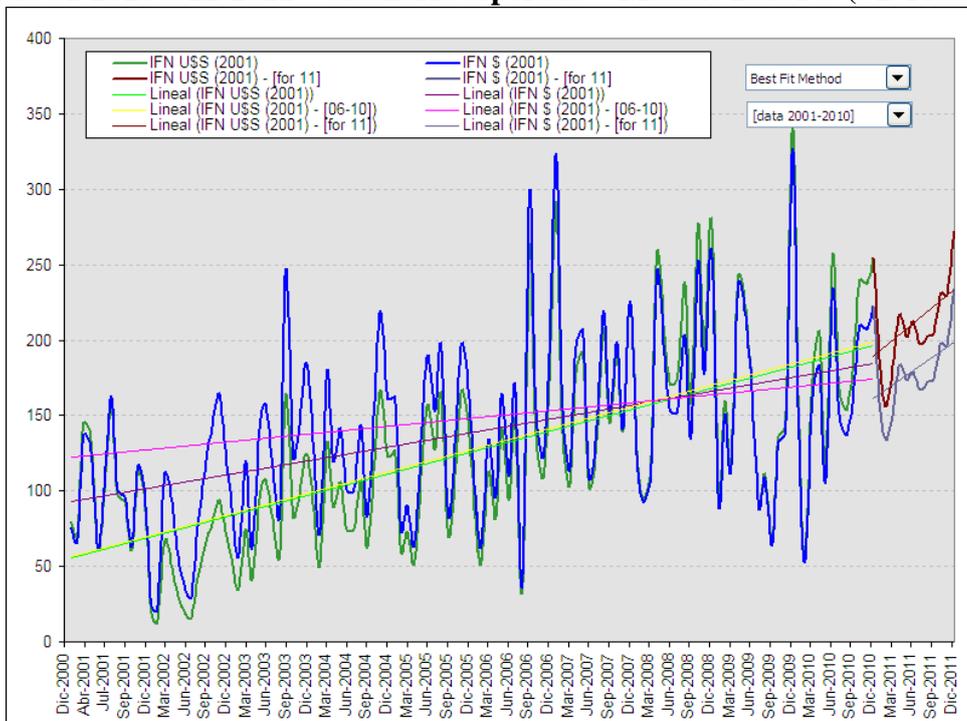


Gráfico 5.2 – Curvas de entregas históricas y proyectadas según índice IFN (a precios de 2001)

Período 01-2010 a 12-2011 – escenario esperado – Método *Best Fit* (CB Predictor)



Y a partir de las relaciones establecidas para los escenarios extremos – pesimista y optimista – se proyectan las tendencias para cada uno de ellos, tanto para los indicadores de demanda agregada IDN como para los correspondientes a las entregas efectivas IFN [ver Gráficos 5.3 y 5.4].

Gráfico 5.3 – Curvas de demanda histórica y proyectada según índice IDN (a precios de 2001)
Período 11-2009 a 10-2011 – escenarios múltiples – Método *Best Fit* (CB Predictor)

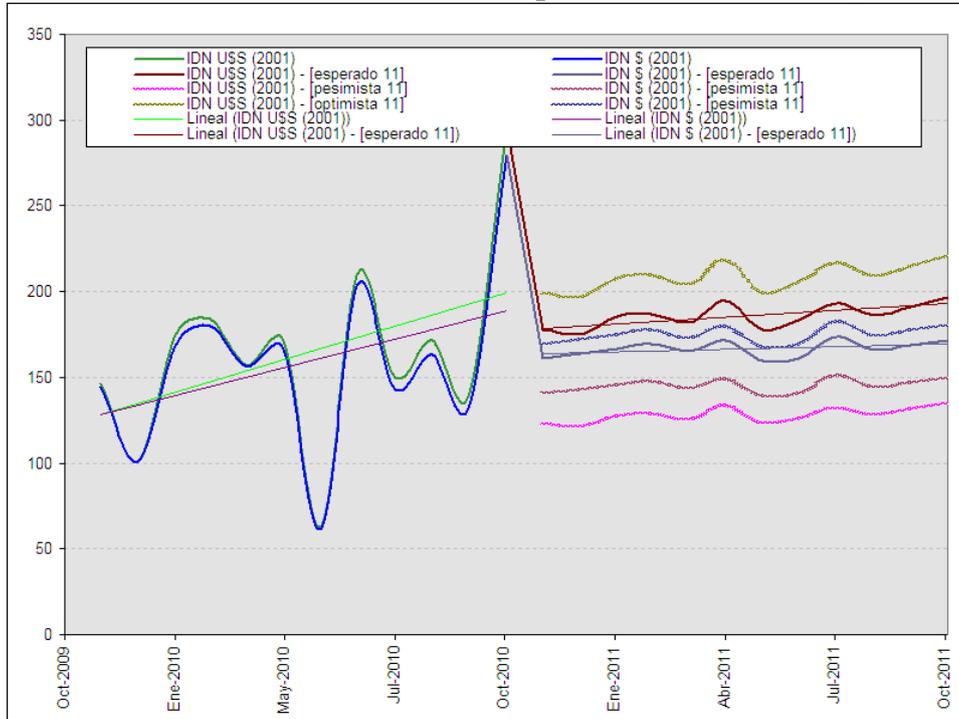
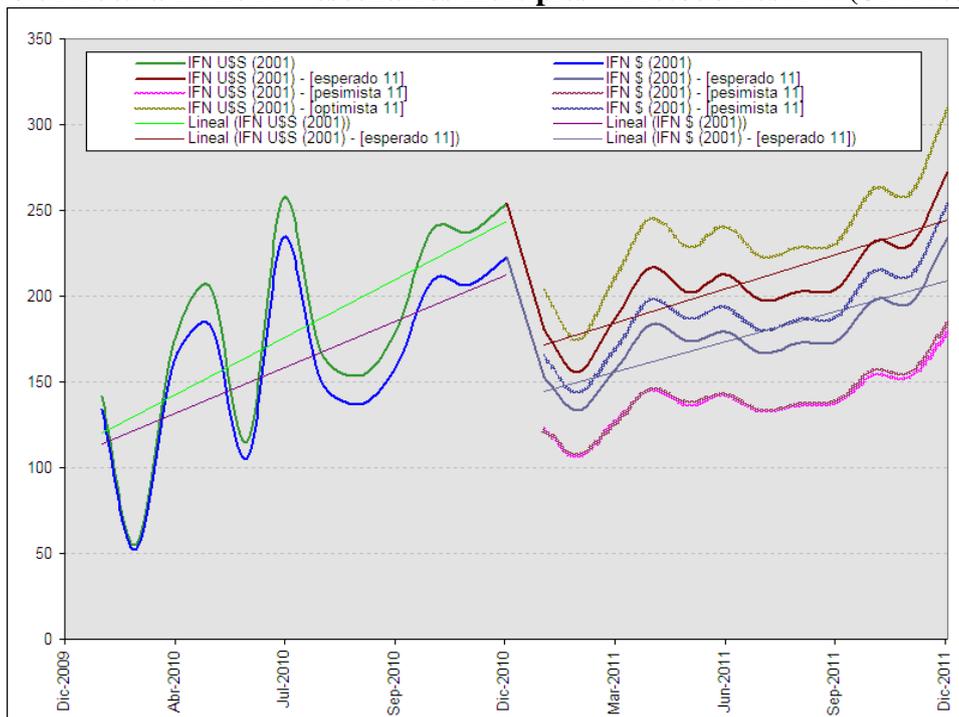


Gráfico 5.4 – Curvas de entregas históricas y proyectadas según índice IFN (a precios de 2001)
Período 01-2009 a 12-2011 – escenarios múltiples – Método *Best Fit* (CB Predictor)



5b) Apertura de las proyecciones de los niveles de actividad por categorías

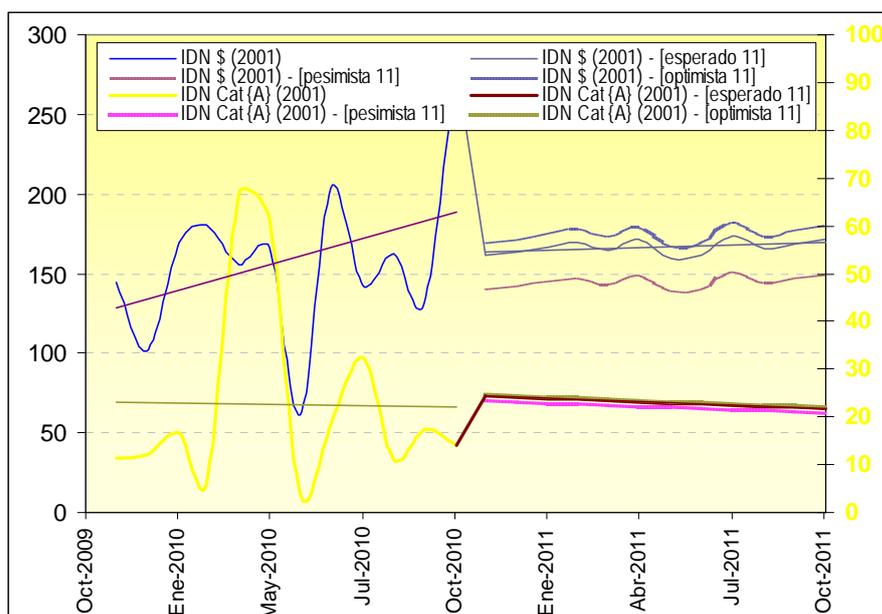
La extensión de la herramienta de simulación utilizada para proyectar los indicadores de actividad agregada, se aplicó en forma segmentada para cada una de las categorías en las que se divide la cartera de productos y servicios de la compañía. De esa manera se han obtenido los correspondientes gráficos de evolución proyectada de los indicadores IDN e IFN para cada categoría y para los límites establecidos por los diferentes escenarios previamente definidos [ver Tablas 5.1 y 5.2, y Gráficos 5.5 y 5.6].

Tabla 5.1 – Resumen de escenarios para demanda proyectada según índice IDN (a precios de 2001) segmentado por categorías.
Período 11-2009 a 10-2011 – Método Best Fit (CB Predictor)

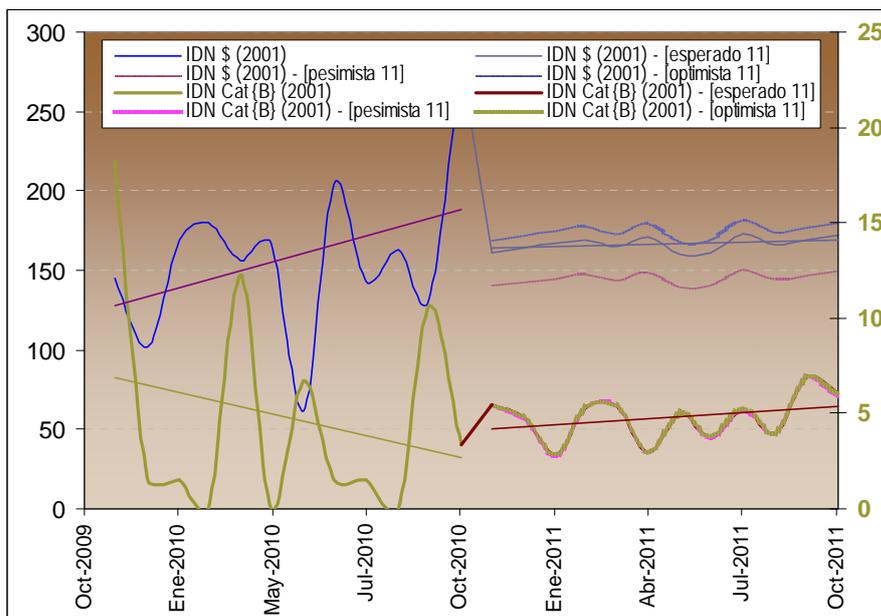
	IDN U\$S (2001)	IDN \$ (2001)	A	B	C	D	E
Actual							
Total anual	1965,14	1901,23	271,36	57,26	687,51	222,53	662,57
Escenario esperado							
Total anual	2229,26	1998,82	276,53	57,45	708,49	237,39	718,97
Variación anual	13,4%	5,1%	1,9%	0,3%	3,1%	6,7%	8,5%
Escenario pesimista							
Total anual	1537,83	1743,44	265,33	57,24	649,94	206,11	564,83
Variación anual	-21,7%	-8,3%	-2,2%	0,0%	-5,5%	-7,4%	-14,8%
Escenario optimista							
Total anual	2500,83	2099,22	280,52	57,52	730,03	249,34	781,81
Variación anual	27,3%	10,4%	3,4%	0,5%	6,2%	12,0%	18,0%

Gráfico 5.5 – Curvas de demanda histórica y proyectada según índice IDN (a precios de 2001) segmentado por categorías.

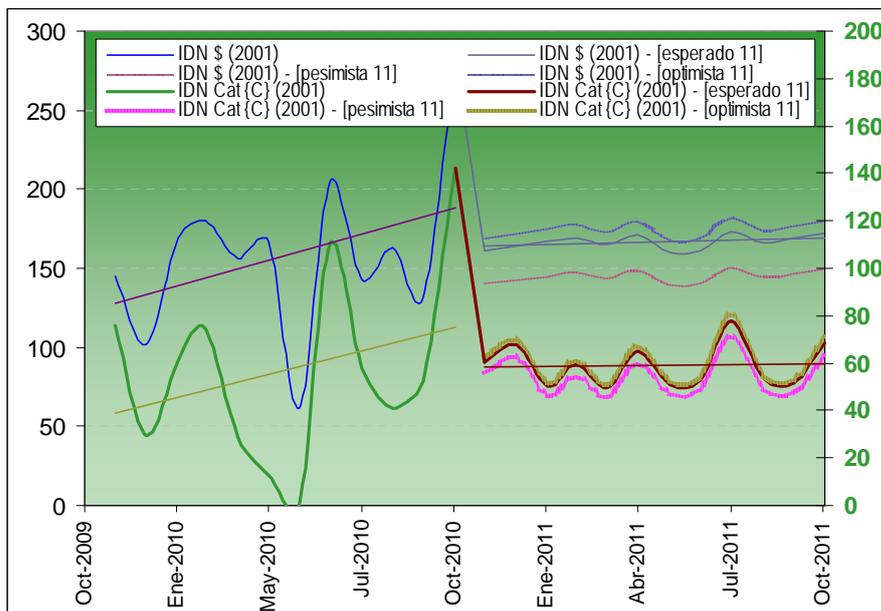
Período 11-2009 a 10-2011 – escenarios múltiples – Método Best Fit (CB Predictor)
Categoría {A}



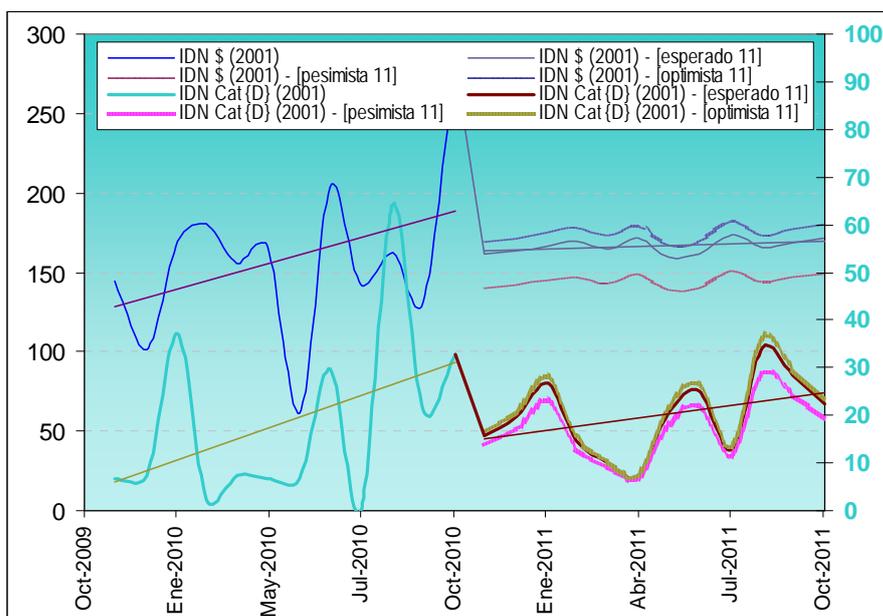
Categoría {B}



Categoría {C}



Categoría {D}



Categoría {E}

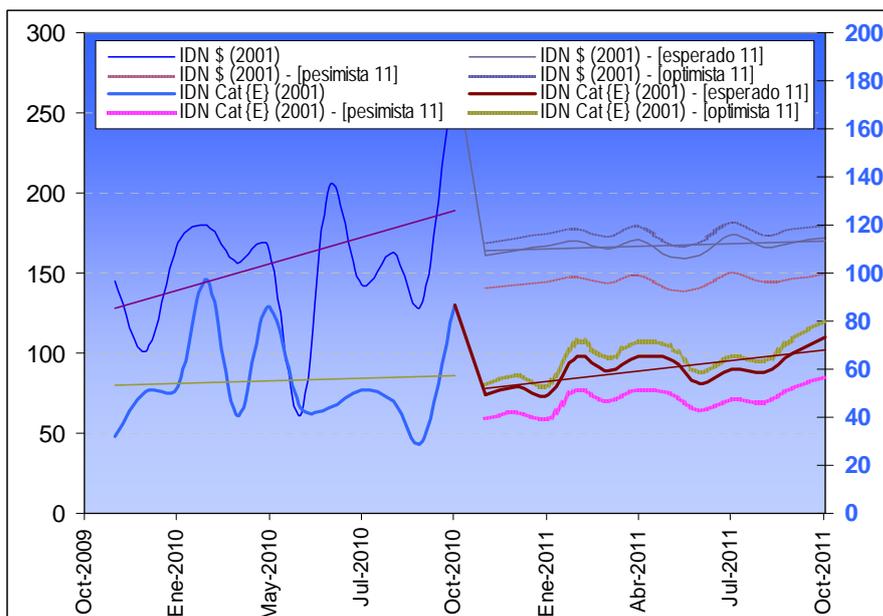
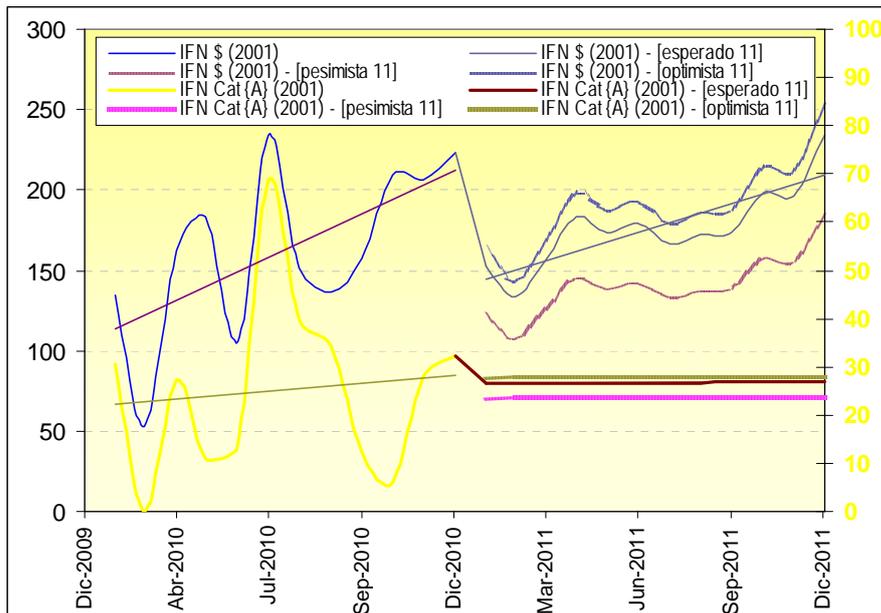


Tabla 5.2 – Resumen de escenarios para entregas históricas y proyectadas según índice IFN (a precios de 2001) segmentado por categorías. Período 01-2010 a 12-2011 – Método *Best Fit* (CB Predictor)

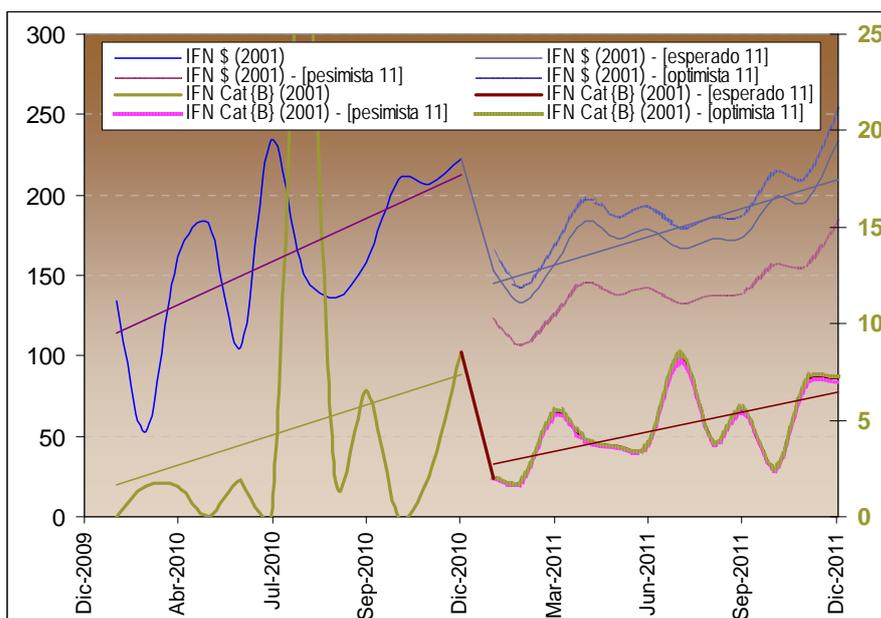
	IFN US\$ (2001)	IFN \$ (2001)	A	B	C	D	E
Actual							
Total anual	2178,07	1955,36	303,51	53,78	673,71	223,25	701,12
Escenario esperado							
Total anual	2492,02	2120,26	320,37	55,10	735,36	253,55	755,87
Variación anual	14,4%	8,4%	5,6%	2,5%	9,2%	13,6%	7,8%
Escenario pesimista							
Total anual	1670,25	1688,66	282,01	53,58	562,30	188,46	602,32
Variación anual	-23,3%	-13,6%	-7,1%	-0,4%	-16,5%	-15,6%	-14,1%
Escenario optimista							
Total anual	2814,70	2289,81	334,31	55,62	804,41	280,05	815,41
Variación anual	29,2%	17,1%	10,1%	3,4%	19,4%	25,4%	16,3%

Gráfico 5.6 – Curvas de entregas históricas y proyectadas según índice IFN (a precios de 2001) segmentado por categorías. Período 01-2010 a 12-2011 – escenarios múltiples – Método *Best Fit* (CB Predictor)

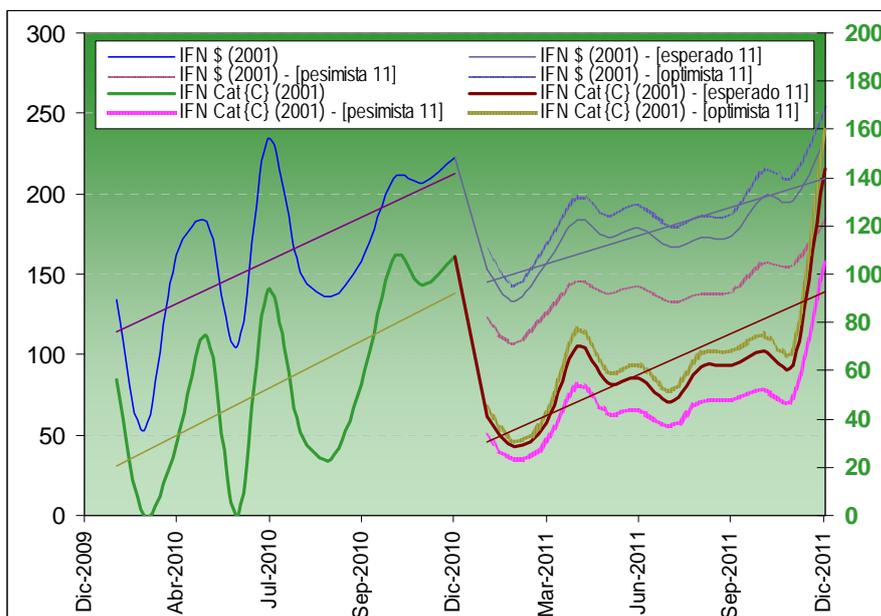
Categoría {A}



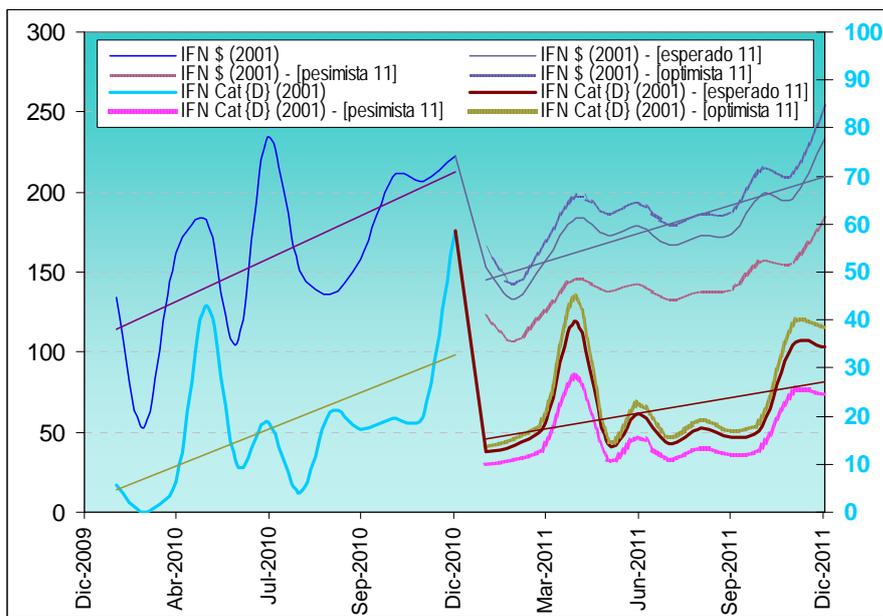
Categoría {B}



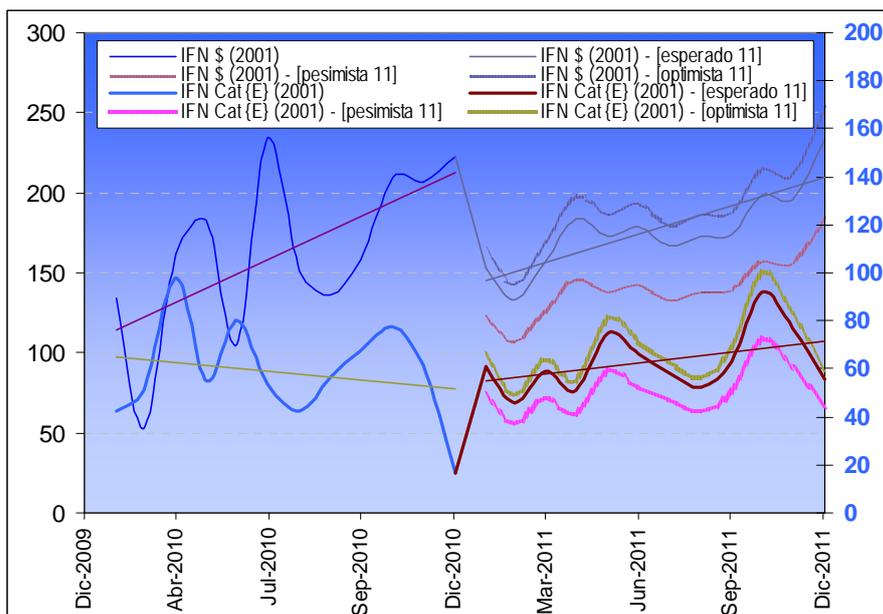
Categoría {C}



Categoría {D}



Categoría {E}



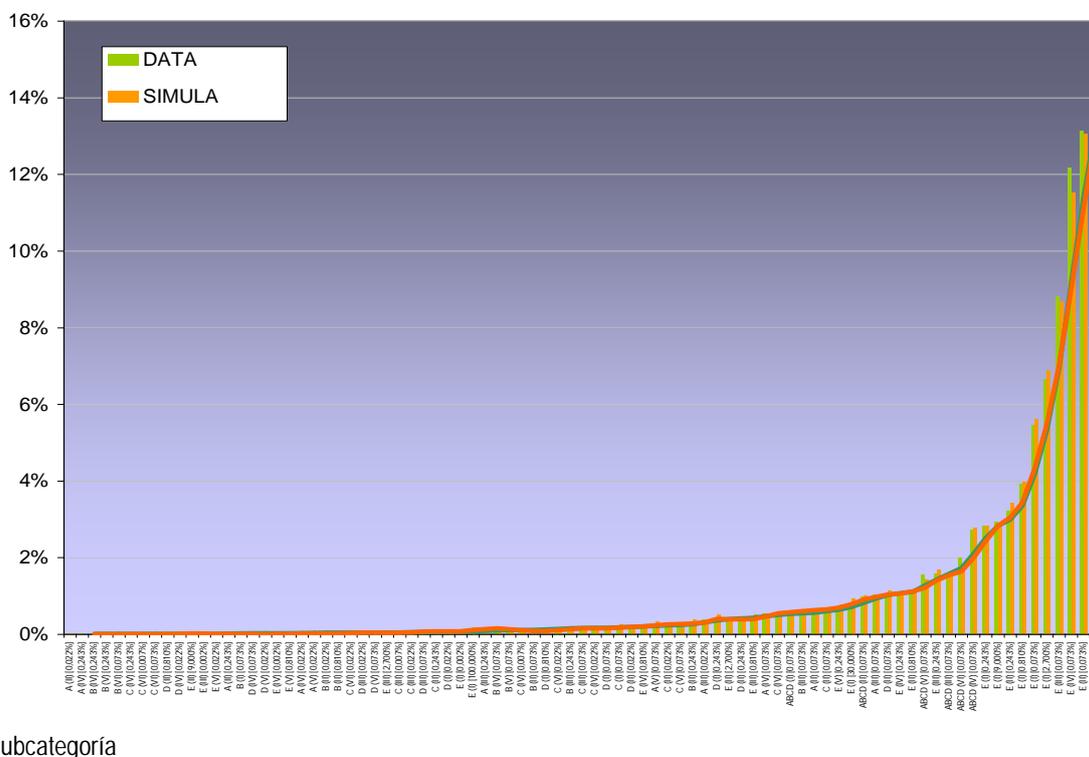
5c) Determinación de las relaciones tamaño-volumen para las proyecciones de los niveles de actividad por categorías

El proceso siguiente para la determinación de las proyecciones del nivel de actividad discriminado por línea de productos, consiste en aplicar las relaciones de tamaño-volumen para cada categoría y subcategoría, a partir de las curvas de demanda definidas en la sección 3d y sus correspondientes distribuciones de frecuencia establecidas en la sección 3e.

A los efectos de introducir el componente aleatorio incluido en la distribución de los tamaños de los productos – siendo éste el parámetro conductor de la variación dentro de cada subcategoría – se ha considerado la conveniencia de simular en forma aleatoria el comportamiento de dichas distribuciones.

En primer lugar se ha estudiado la función de distribución de probabilidad de ocurrencia de cada una de las subcategorías a lo largo del período testigo de análisis. Para ello, se desglosaron los eventos correspondientes a cada categoría y subcategoría, y así se estableció la distribución de frecuencia real histórica. Posteriormente, y utilizando la herramienta *CB Distribution Fit* de *Crystal Ball* se ha correlacionado una función de densidad de probabilidad analítica con la obtenida empíricamente, para incluirla en el modelo de simulación [ver Gráfico 5.7].

Gráfico 5.7 – Curva de distribución de frecuencia de ocurrencia por subcategorías - Método *Distribution Fit* (CB).



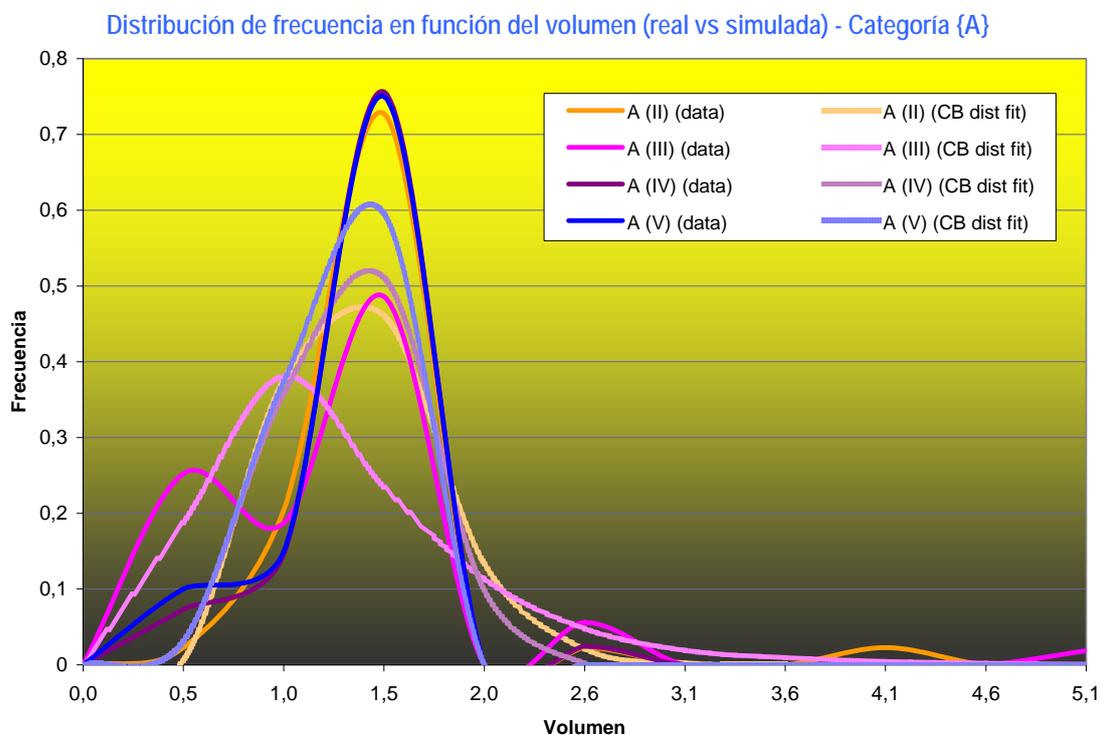
Similar procedimiento se aplicó a las funciones de distribución de probabilidad de ocurrencia de volúmenes dentro de cada subcategoría; esto es, el nivel de ocurrencia real de cada volumen posible dentro de cada subcategoría. Se recuerda en este sentido,

que la matriz de segmentación de las subcategorías en las que se dividen cada uno de los segmentos del portafolio de productos y servicios que ofrece la compañía ha sido definida en función de rangos del tamaño IFN, el cual, asimismo, aparece correlacionado con el volumen de ocurrencia a partir de las correspondientes curvas de demanda. A través de la herramienta *CB Distribution Fit* de *Crystal Ball* se analizó la bondad de ajuste por medio de la prueba de Anderson-Darling³, seleccionándose así la distribución que mejor ajusta en cada caso a la distribución de los eventos reales. Debe aclararse, sin embargo, que para varias subcategorías, el número limitado de eventos no permitió la aplicación de la herramienta mencionada (que requiere un número mínimo de 15 ocurrencias para correr la comparación), por lo que en dichos casos se optó por definir una distribución “customizada”, a través de la función de distribución *CB.Custom()* de *CB*.

En el Anexo 5.3 se detallan las curvas de distribución de frecuencia que mejor ajustan a las distribuciones reales que permiten la aplicación de la herramienta *CB Distribution Fit* de *CB*.

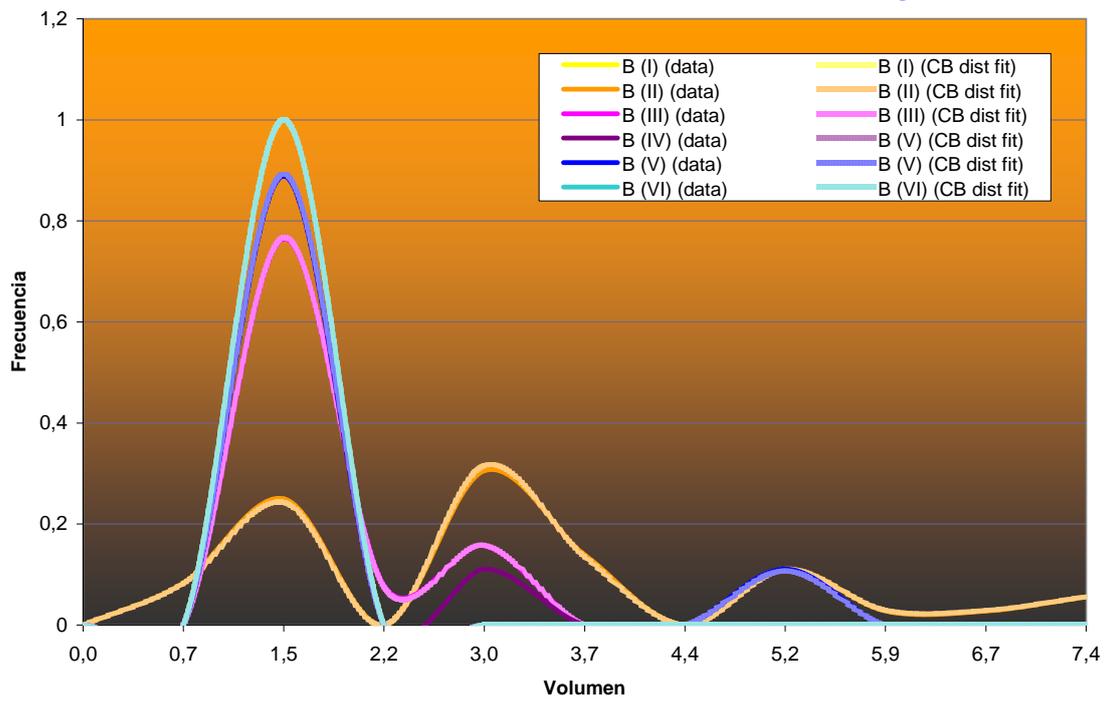
En los gráficos siguientes se verifican las correspondencias entre las curvas de distribución de frecuencia de volúmenes por categorías y subcategorías, para las distribuciones reales y las simuladas por medio de la herramienta mencionada en el párrafo anterior [ver Gráfico 5.8].

Gráfico 5.8 – Curva de distribución de frecuencia de volúmenes por categorías y subcategorías - Método *Distribution Fit* (CB).

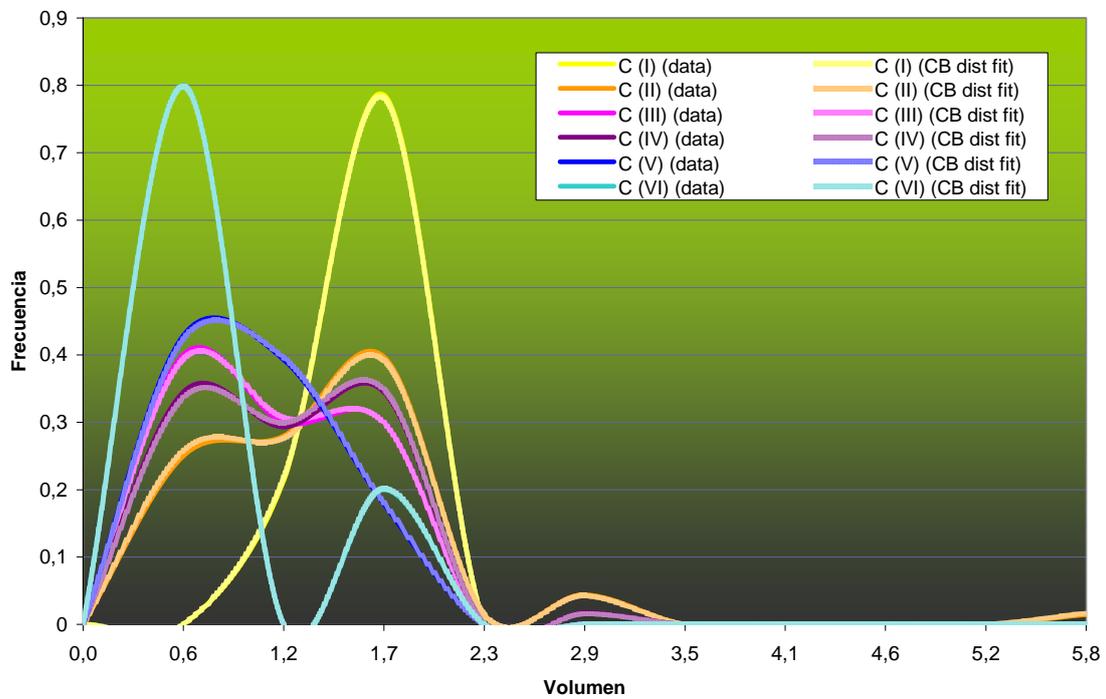


³ Law Averill M.; Kelton, David: “Simulation Modeling and Analysis”, 3/e – McGraw Hill, Boston (2000)

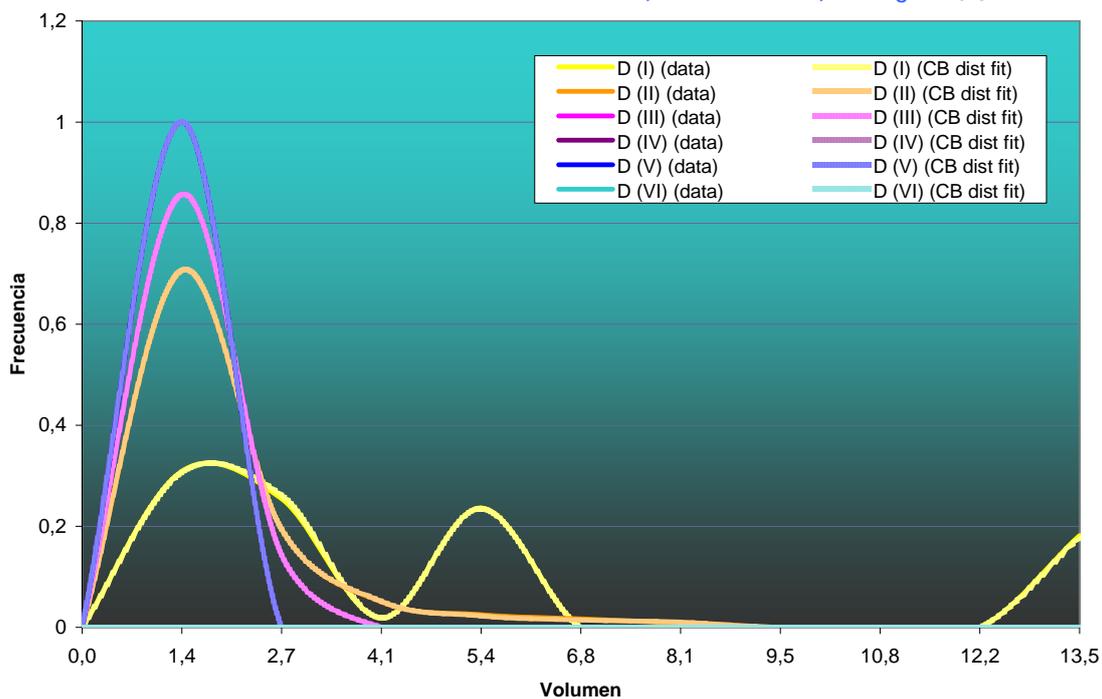
Distribución de frecuencia en función del volumen (real vs simulada) - Categoría {B}



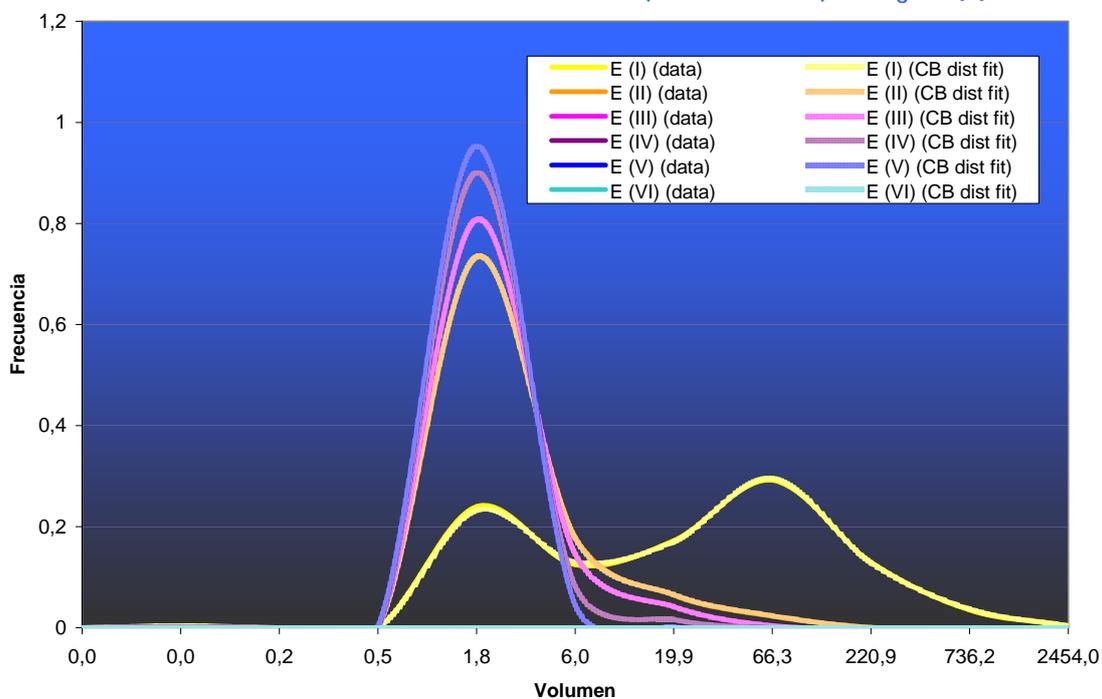
Distribución de frecuencia en función del volumen (real vs simulada) - Categoría {C}



Distribución de frecuencia en función del volumen (real vs simulada) - Categoría {D}



Distribución de frecuencia en función del volumen (real vs simulada) - Categoría {E}



De esta manera, se han modelizado por un lado las curvas de demanda - a través de las ecuaciones obtenidas en la Tabla 3.4 - y por el otro la distribución de frecuencia de ocurrencia de eventos por subcategorías, y por último las distribuciones de frecuencia de volúmenes para cada una de las subcategorías.

Vinculando los tres elementos mencionados, se obtuvo una corrida de simulación de eventos, en forma secuencial, donde para cada uno de ellos queda entonces definido la categoría y subcategoría del producto o servicio, su volumen y su valor IFN asociados.

5d) Determinación del perfil cronológico de demanda detallada proyectada para los escenarios definidos

Una vez obtenida la matriz proyectada de demanda, queda por último asociar la misma con el perfil de niveles de actividad agregados proyectados para cada escenario, según lo visto en la sección.

En el Anexo 5.4 se detalla la apertura de la matriz proyectada de demanda, a partir de la corrida de simulación, para los primeros registros de la misma.

Para poder asociar los registros obtenidos con la matriz proyectada de demanda, se han correlacionado los valores de los indicadores de nivel de actividad agregada IDN de cada categoría con sus respectivos acumulados a partir de la matriz de salida de la simulación. De esta manera, se han aplicado cada uno de los eventos en forma cronológica a los períodos mensuales sucesivos, hasta alcanzar su respectivo nivel de actividad proyectado según cada uno de los escenarios planteados.

El total de eventos a considerar en la demanda agregada proyectada surge de acumular todos los eventos necesarios para completar el nivel de actividad mensual previsto – identificado por su correspondiente indicador IDN – para cada categoría.

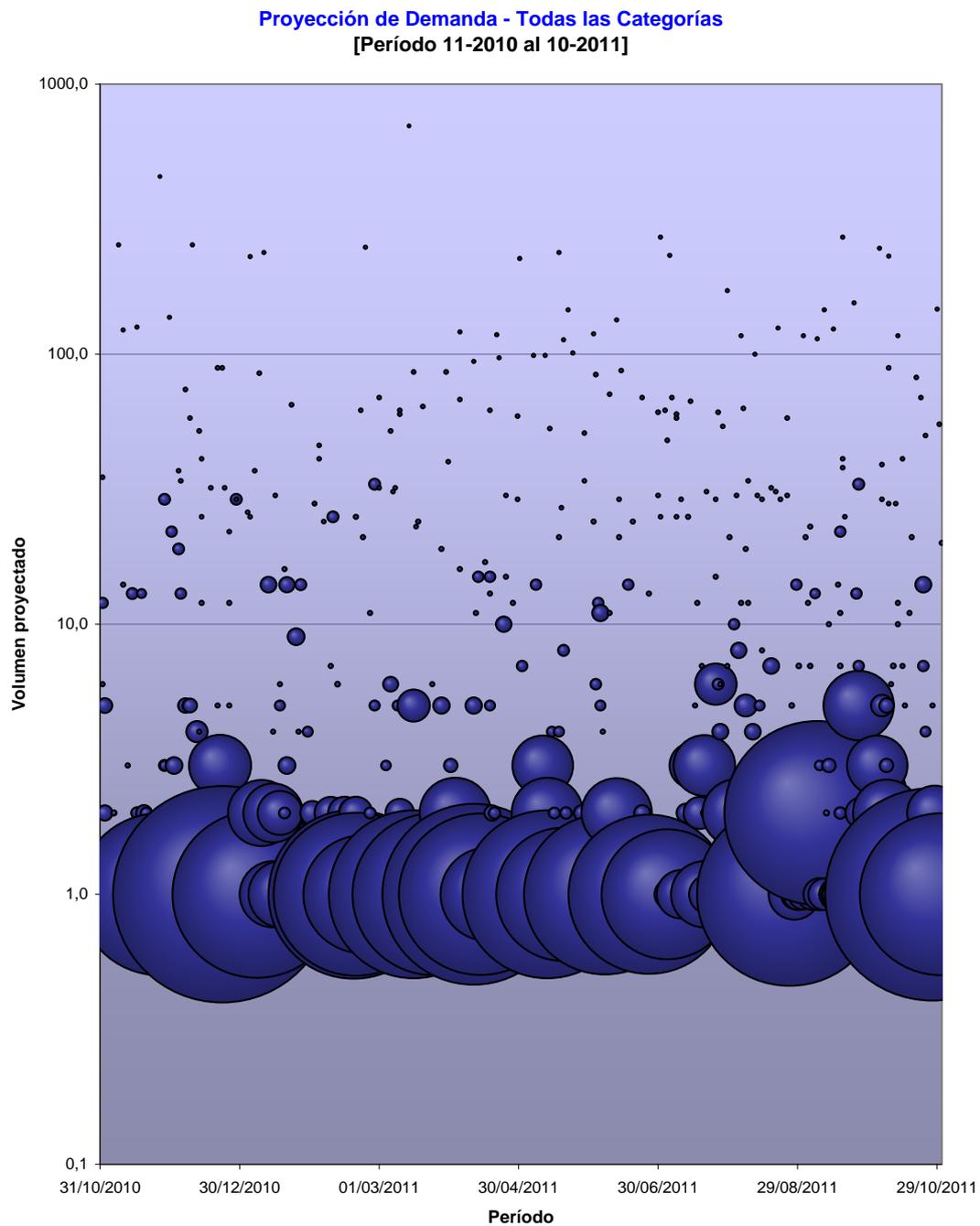
Con el objeto de completar el factor aleatorio en la generación de la demanda, se ha aplicado un componente random a la fecha de ocurrencia de cada evento, dentro del período mensual al cual resulta vinculado.

Para poder validar los resultados obtenidos de las respectivas corridas de simulación, se ha procedido a repetir las mismas para cada escenario, de tal manera que se han obtenido $n \times E$ corridas, siendo E el número de escenarios definidos y n el número de repeticiones en las corridas para cada escenario:

Escenario	Esperado	Pesimista	Optimista
Corrida N° 1	EE11	EE21	EE31
Corrida N° 2	EE12	EE22	EE32
...
Corrida N° n	EE1n	EE2n	EE3n

De manera gráfica pueden visualizarse todos los eventos proyectados, identificando para cada evento fecha de ocurrencia, volumen asociado y tamaño relativo (en términos del indicador IFN) [ver Gráfico 5.9].

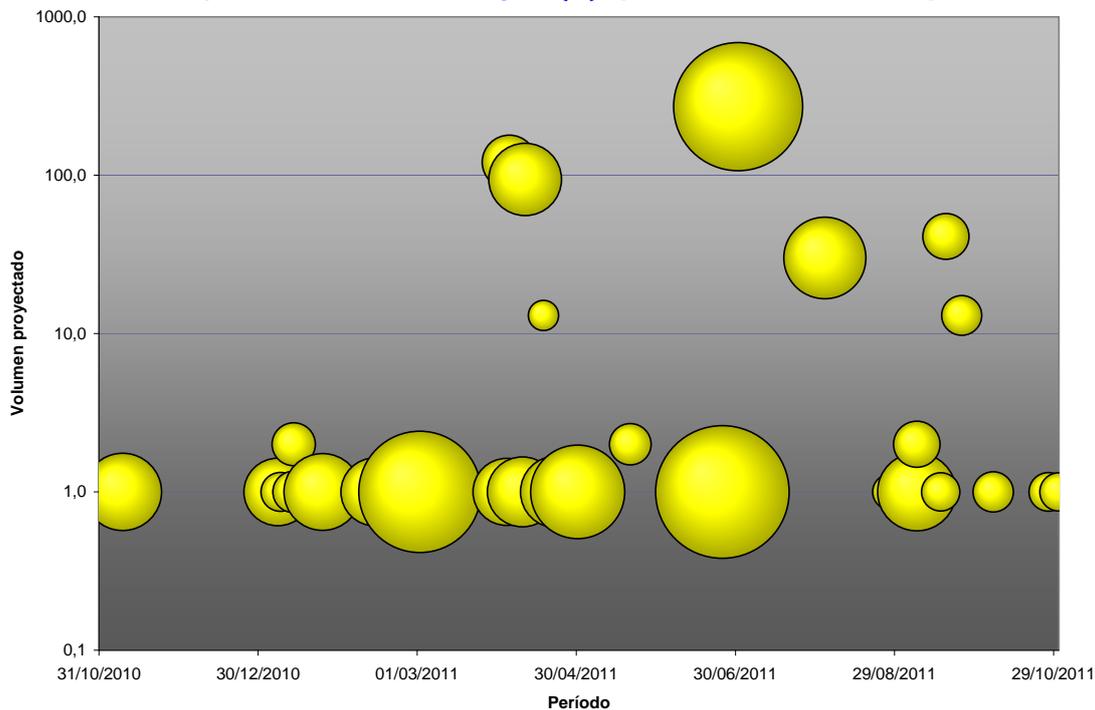
Gráfico 5.9 – Evolución proyectada de la demanda segregada por cantidad y tamaño (IFN unitario), para todas las categorías – (Escenario esperado EE11)



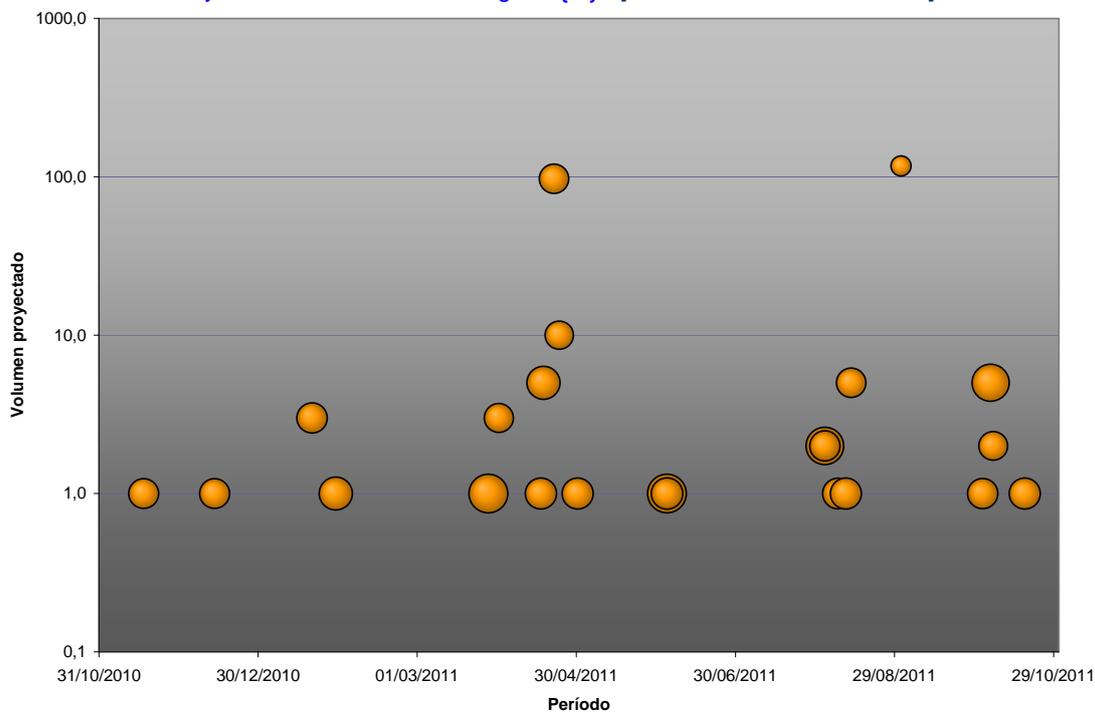
De la misma manera pueden visualizarse los perfiles de demanda discriminados por categoría, para cada uno de los escenarios planteados [ver Gráfico 5.10].

Gráfico 5.10 – Evolución proyectada de la demanda segregada por cantidad y tamaño (IFN unitario), para todas las categorías – Escenario esperado EE11

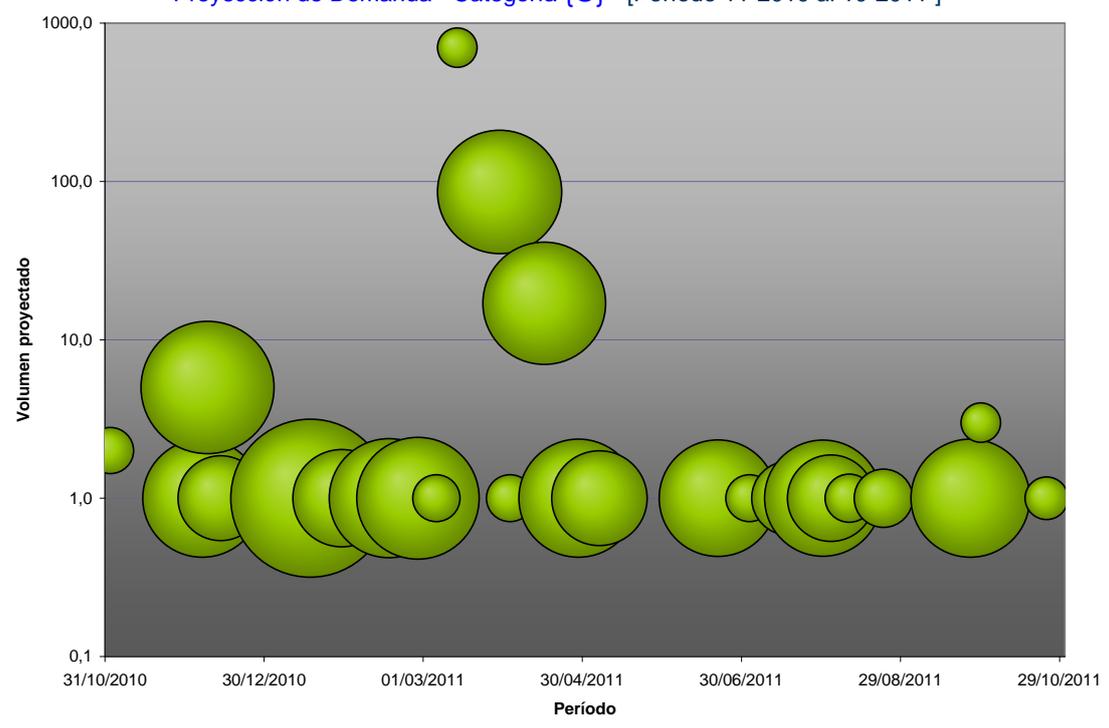
Proyección de Demanda - Categoría {A} - [Período 11-2010 al 10-2011]



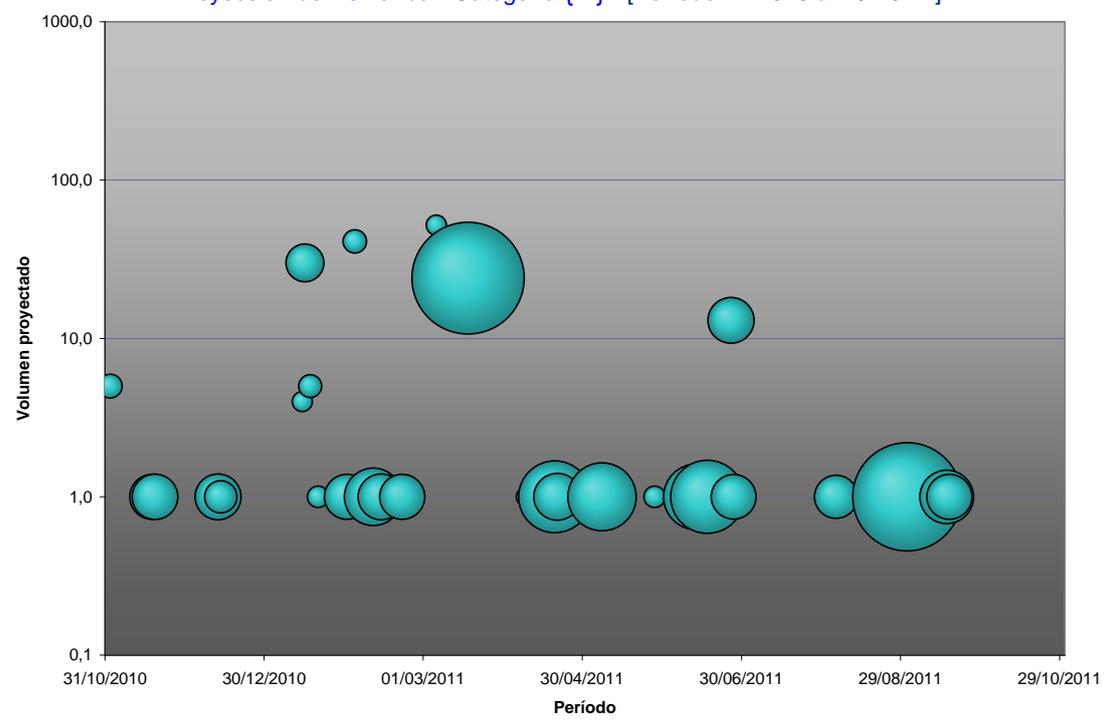
Proyección de Demanda - Categoría {B} - [Período 11-2010 al 10-2011]

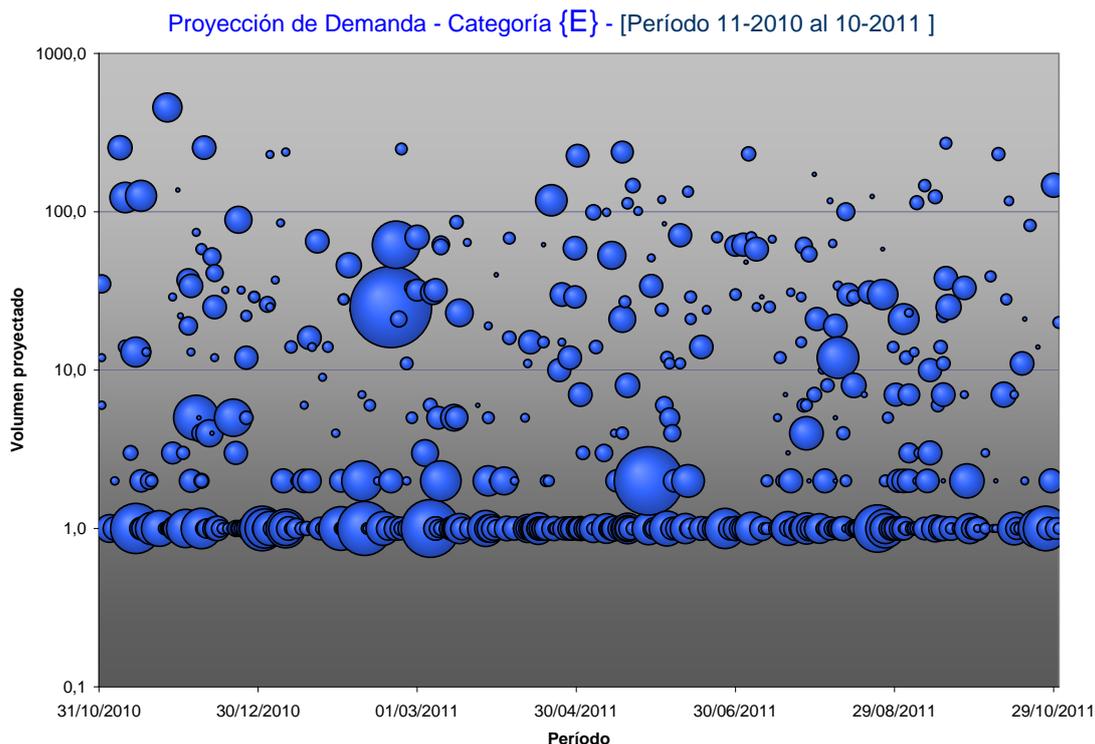


Proyección de Demanda - Categoría {C} - [Período 11-2010 al 10-2011]



Proyección de Demanda - Categoría {D} - [Período 11-2010 al 10-2011]





5e) Determinación de la apertura por artículos para todos los eventos proyectados

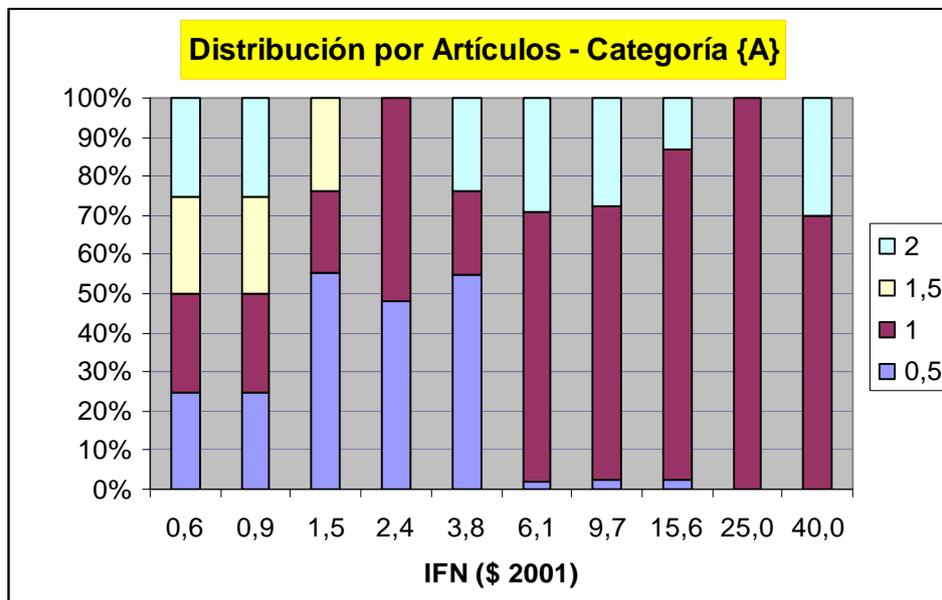
A los efectos de obtener la traducción de las perfiles de demanda proyectada determinadas en las sub-secciones anteriores, en términos de modelos de artículos específicos para cada categoría y subcategoría, se ha procedido a asociar cada evento en forma unívoca con su correspondiente descripción de modelo de producto y/o servicio y, al mismo tiempo, dejando así también definidos su plazo de entrega teórico y su demanda teórica de capacidad de mano de obra de taller.

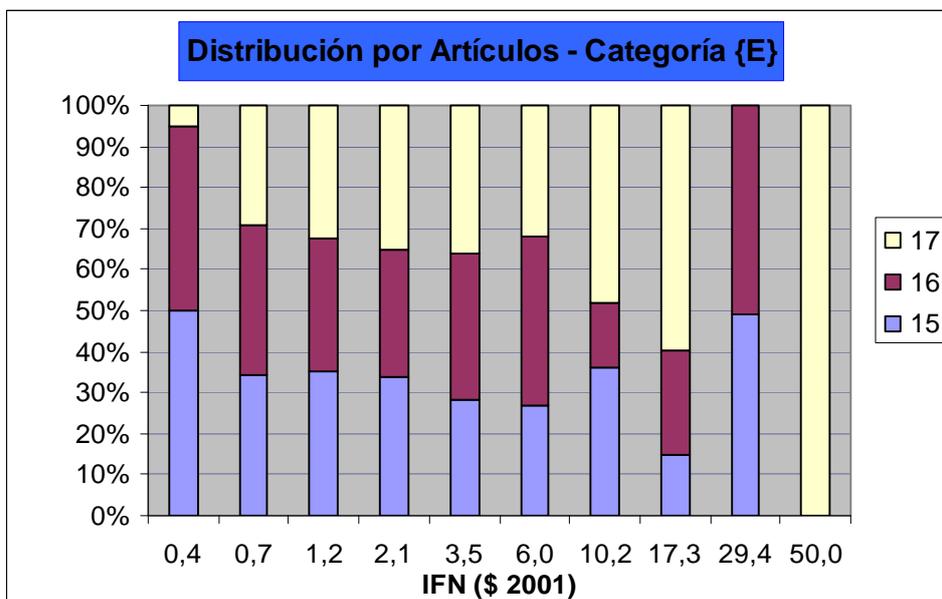
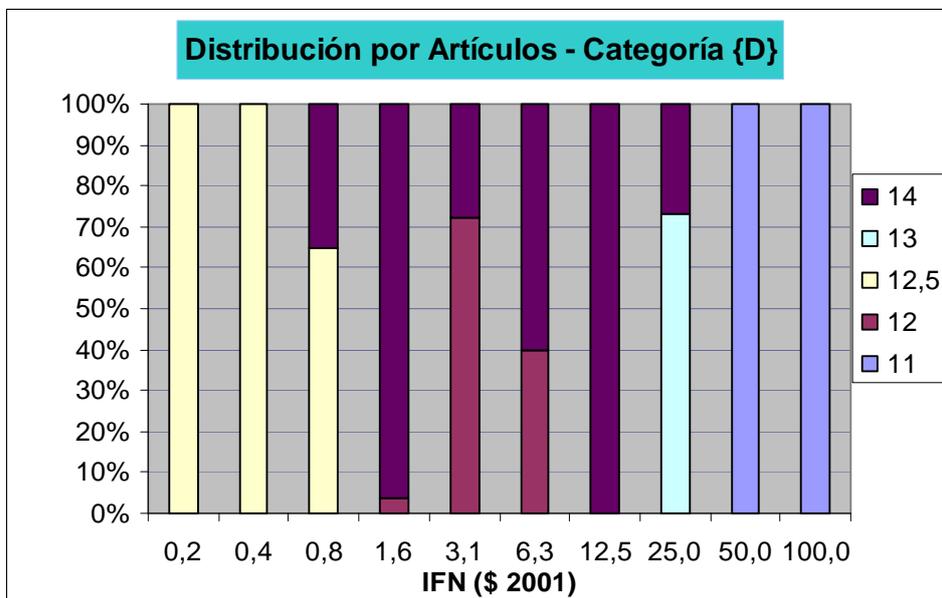
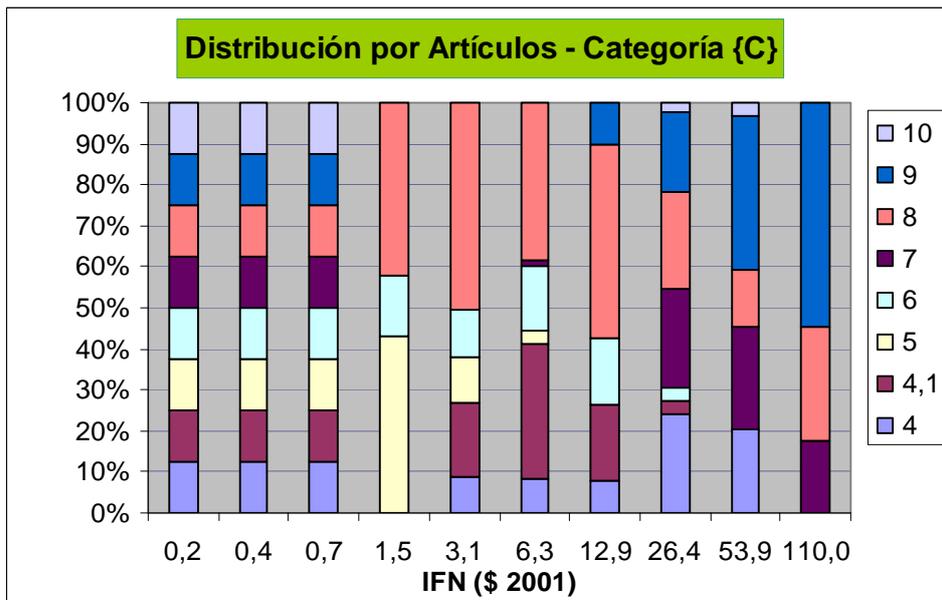
Esta información surge de asociar las distribuciones de artículo y modelo para cada categoría y subcategoría, en términos de valor de IFN y volumen, con los registros unitarios correspondientes a cada evento.

Dichas distribuciones permiten establecer, dentro de cada categoría y para un determinado valor IFN (ponderado por su correspondiente volumen), la frecuencia de ocurrencia de cada modelo o artículo [ver Tabla 5.3 y Gráficos 5.11].

Tabla 5.3 – Matriz de Artículos / Modelos por Categorías

Categoría	Artículo / Modelo	Equipo / Servicio
A	0,5	EQUIPO LABORATORIO
A	1,5	ZARANDA VIBRATORIA
A	2	MOLINO VERTICAL
B	3	BOMBA
B	3,1	ACCESORIOS
B	3,2	EQUIPO FILTRADO
C	4	ENVASADORA
C	4,1	COMPLEMENTO ENVASADORA
C	5	EQUIPO ATRICCIÓN
C	6	EQUIPO AUXILIAR
C	7	EQUIPO DISPERSOR
C	7	EQUIPO DISPERSOR ESPECIAL
C	8	EQUIPO MEZCLADOR-AGITADOR
C	9	MOLINO HORIZONTAL
C	10	PRENSA HIDRÁULICA
C	11	ENVASADORA ESPECIAL
D	12	EQUIPOS TINTING
D	12,5	ALQUILER EQUIPOS TINTING
D	13	ESTRUCTURA PARA EQUIPOS
D	14	TANQUE
E	15	REPUESTOS
E	16	PARTES
E	17	REPARACIONES

Gráfico 5.11 – Distribuciones de frecuencia de ocurrencia de artículos, por rango de nivel de actividad IFN, para cada categoría



En el Anexo 5.5 se exhiben los resultados de las asignaciones de modelos y artículos a cada evento, para diferentes corridas efectuadas para los distintos escenarios definidos. En cada caso, se han totalizado los eventos por categoría, para facilitar la visualización de la distribución de la demanda agregada entre las mismas.

Sección 6 - Planteo del esquema de planeación agregada (planes de producción agregada, programas maestros de producción, sistemas de planeación de requerimientos de materiales y recursos)

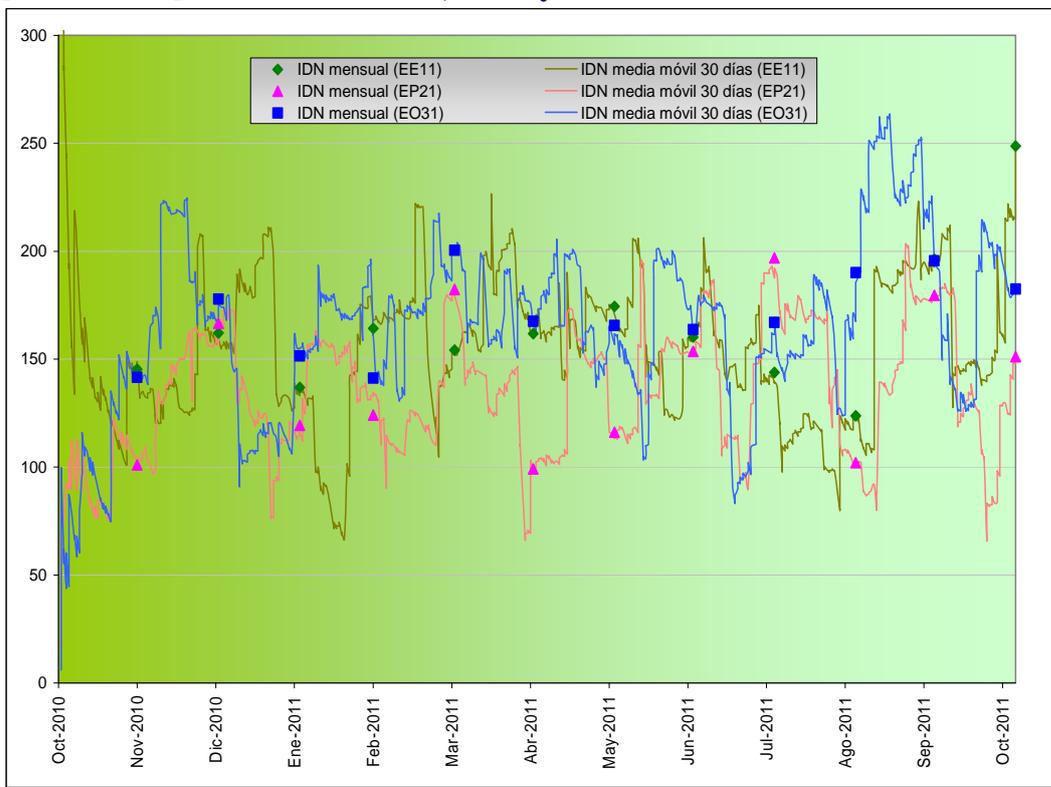
En esta sección se analizará el impacto de la demanda agregada proyectada según los distintos escenarios planteados sobre la capacidad disponible de producción, y la consecuente proyección de las entregas derivadas de dicha demanda, considerando las restricciones de capacidad en función de la agregación de horas para los distintos procesos y operaciones, y la secuenciación de tareas necesarias para completar los diferentes productos.

6a) Determinación de demanda de capacidad teórica de mano de obra

En primer lugar, se ha procedido a traducir la proyección de la demanda definida en la sección anterior [ver Gráficos 6.1i y 6.1ii] a través de la aplicación de los plazos de ejecución teóricos para cada uno de los productos requeridos, en términos de requerimiento teórico de capacidad de horas de mano de obra, para posteriormente comparar dicha demanda contra las horas disponibles de acuerdo con la capacidad operativa y la cantidad de horas admitidas por calendario laboral [ver Gráficos 6.2i, 6.2ii y 6.2iii].

Gráfico 6.1 – Evolución proyectada de la demanda diaria y mensual (IDN) para todas las categorías – [Período 11/2010 al 10/2011]

[Gráfico 6.1i] - Escenarios EE11, EP21 y EO31



[Gráfico 6.1ii] - Escenarios EE12, EP22 y EO32

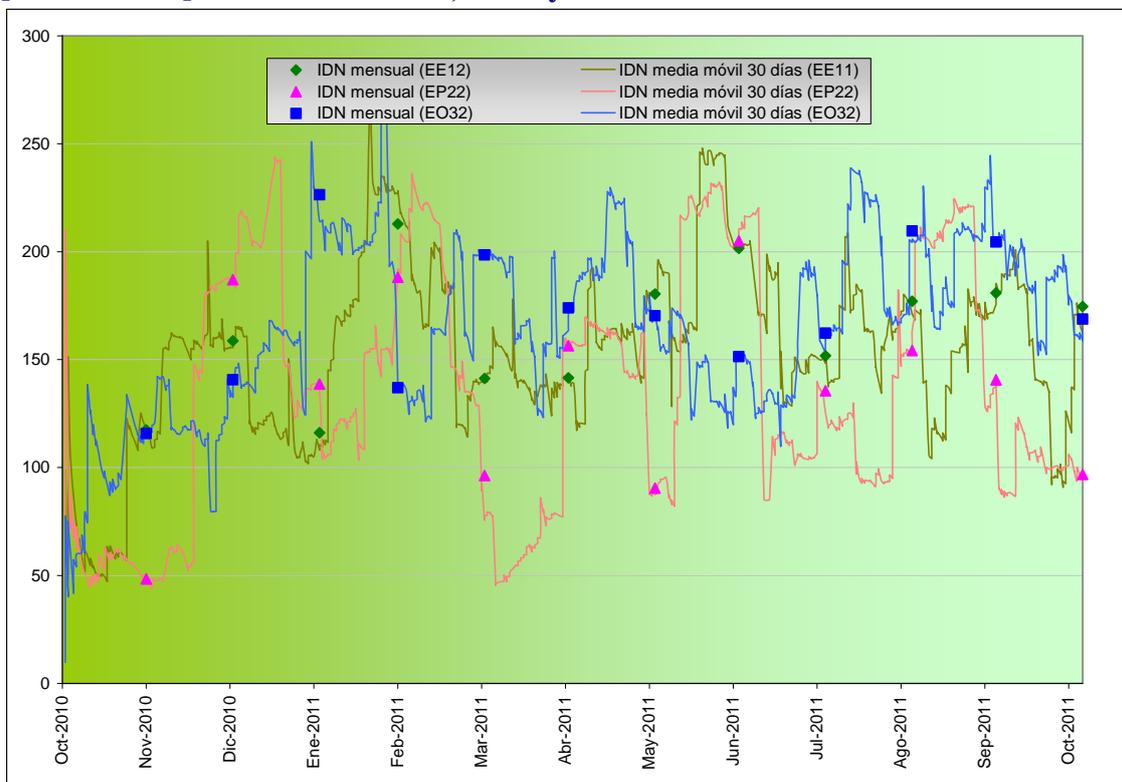
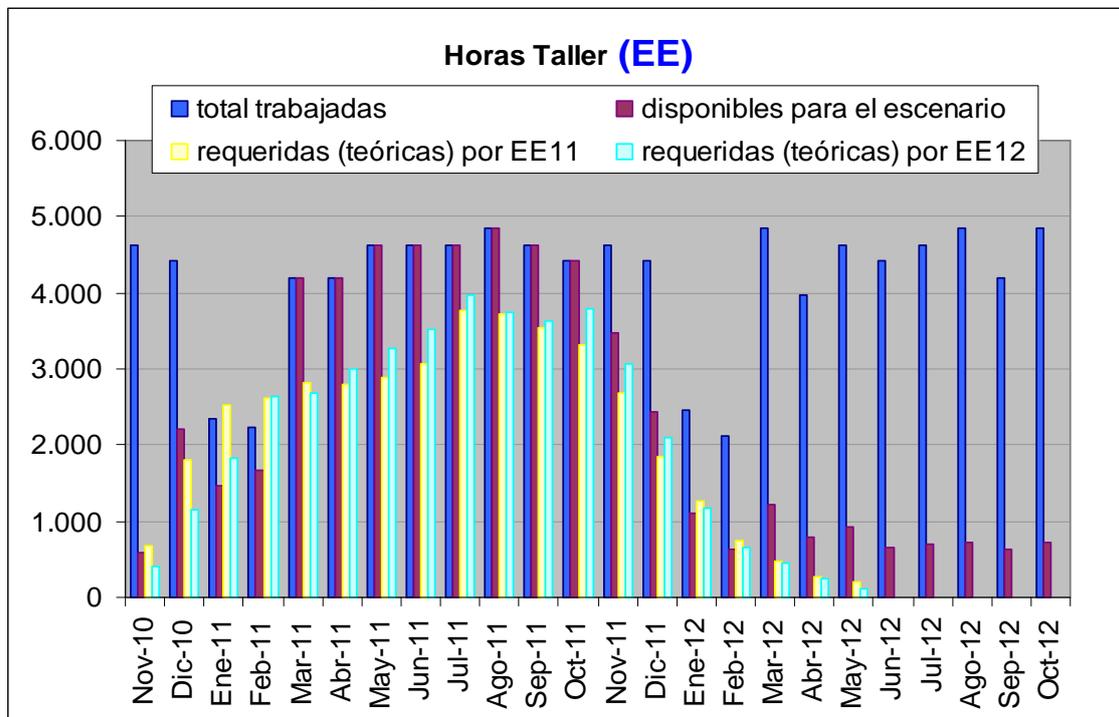
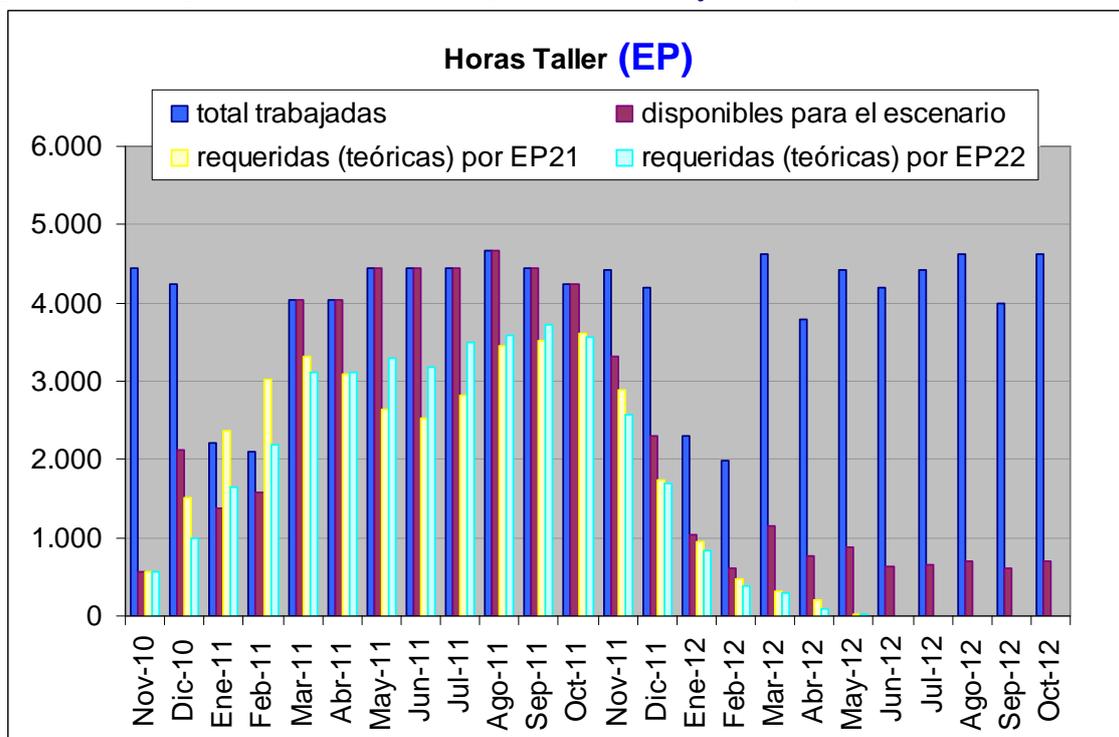


Gráfico 6.2 – Evolución proyectada de la capacidad disponible y de la teórica requerida en horas de MO para los diferentes escenarios - [Período 11/2010 al 10/2012]

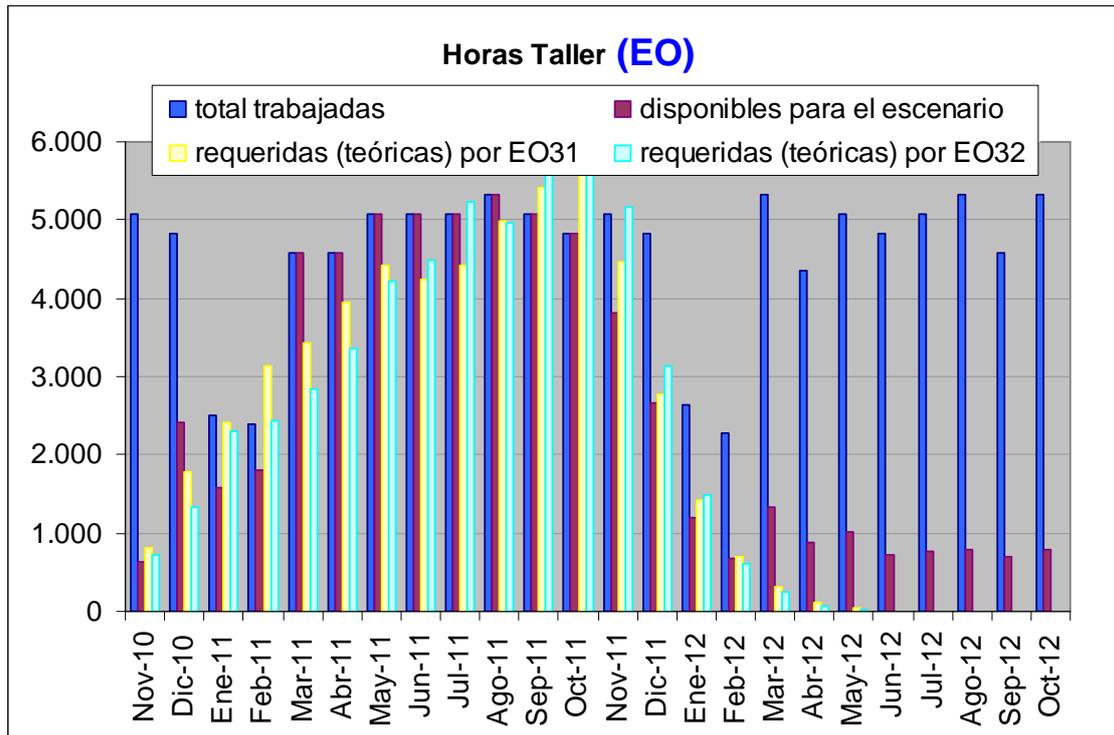
[Gráfico 6.2i] Escenario Esperado (corridas EE11 y EE12)



[Gráfico 6.2ii] Escenario Pesimista (corridas EP21 y EP22)



[Gráfico 6.2iii] Escenario Optimista (corridas EO31 y EO32)



Debe notarse que los primeros cuatro meses (11/2010 al 02/2011) están afectados por el arrastre de capacidad requerida por las órdenes de producción en curso, lo que se traduce en una reducción de la capacidad disponible para ser aplicada a la nueva demanda proyectada.

De la misma manera, la capacidad disponible para ser aplicada a la demanda objeto de la proyección irá mermando a partir del mes de Noviembre de 2011, ya que la proyección de demanda sólo alcanza - para el objeto del trabajo - al mes de Octubre de 2011. A partir de dicho período, por ende, la capacidad disponible deberá compartirse con las órdenes de producción derivadas de la nueva demanda agregada a generarse para el nuevo período.

Esta distorsión sólo aparecerá en términos temporales en los períodos de transición, por lo que la utilidad del análisis surgirá de considerar el estado de régimen para todos los procesos productivos.

La importancia de esta proyección inicial reside en que las demandas de capacidad teóricas proyectadas han sido derivadas únicamente de los plazos de ejecución teóricos, más el ajuste necesario por disponibilidad absoluta de horas; es decir, no se han considerado otras restricciones, tales como cuellos de botella operativos, secuenciación de tareas, prioridades cruzadas, u otras situaciones que pudieran limitar la ejecución consecutiva y sin interrupciones de todos los procesos indicados en los diagramas de flujo correspondientes a cada ítem.

Una vez considerado el impacto de la superposición del requerimiento de horas de mano de obra teóricas, y luego de haberse aplicado el ajuste necesario para hacer coincidir la capacidad requerida con las horas disponibles en cada mes, se obtendrá el perfil de entregas derivadas, en función de dichos plazos de ejecución ajustados, lo que permitirá

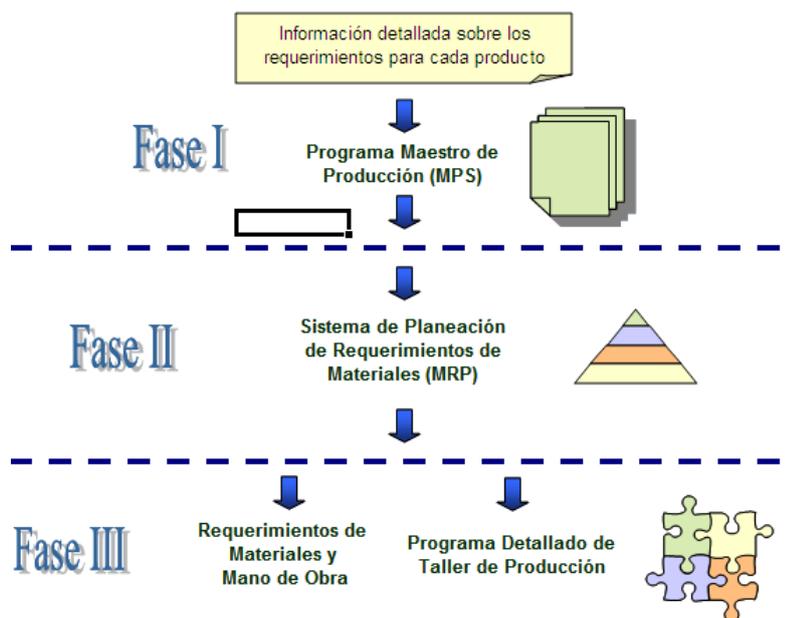
visualizar claramente la capacidad de respuesta de la estructura operativa fabril bajo los diferentes escenarios de demanda considerados y los factores de calidad de servicio asociados.

6b) Determinación de la apertura por artículos para todos los eventos proyectados

A partir de las proyecciones de demanda calculadas en la sección anterior, se calculará y determinará el Programa Detallado del Taller de Producción, siguiendo los lineamientos fundamentales del esquema de MRP⁴ [ver Gráfico 6.3].

De acuerdo con este esquema, la Fase I implica la definición detallada de los requerimientos de materiales, procesos, secuencias y tiempos para cada producto o ítem a programar. En el Anexo 6.1 se muestran algunos de los resultados de la asignación de artículos a los registros de las matrices de eventos simuladas para los distintos escenarios, lo que permite traducir la demanda proyectada en los respectivos **Planes Maestros de Producción (MPS)**. Asimismo, cada uno de estos planes se alimentan de la **información detallada de sobre los requerimientos de cada artículo** o producto programado en el mismo. Esta información incluye, entre otras datas, el **diagrama de estructura por modelo** [ver Anexo 6.2] y el **diagrama de sistema productivo (PST)** por producto [ver Anexo 6.3], el cual exhibe en forma detallada la explosión o despiece (**BOM**) - con la descripción de componentes, cantidades, subconjuntos y origen -, la determinación de la estructura del producto por niveles y precedentes, la definición del diagrama de flujo con sus procesos y duración estándar de cada uno, y duración total para cada pieza o componente. Adicionalmente, la asignación de cantidades por ítem, permite ajustar la duración total asignada a cada evento, considerando los efectos de agregación por tamaño de lote.

Gráfico 6.3 – Fases para la planificación del sistema productivo



⁴ Steven Nahmias: “Análisis de la Producción y las Operaciones”, 5/e, Cap. 7 – McGraw Hill, México (2007)

6c) Diagramas de Gantt por artículos para todos los eventos proyectados

La consideración de niveles y precedentes en el diagrama del sistema productivo de cada ítem permite, asimismo, establecer el **Diagrama de Gantt** para el ciclo de fabricación teórico del mismo, donde para cada tarea u operación programada quedan definidos sus tiempos de comienzo temprano (ES) y de finalización temprano (EF), y la estimación del *slack* o período de holgura remanente entre el día de finalización estimado y la fecha de vencimiento o *due date* previsto por la simulación, que deja definido el tiempo tardío de finalización (LF) y su correspondiente tiempo de comienzo tardío (LS) [ver Anexo 6.4].

Debe aclararse, sin embargo, que esta proyección de los tiempos involucrados para la fabricación de cada ítem aún no considera restricciones por capacidad de los equipos o puestos de trabajo, ni las derivadas de la superposición de tareas por la agregación de la demanda conjunta.

En tal sentido, el paso siguiente consiste en asignar a cada tarea u operación programada su equipo y/o puesto de trabajo correspondiente, en función de la capacidad y características propias de los procesos a ser realizados en cada caso. En el Anexo 6.5 se detallan los puestos disponibles y su asignación específica para uno de los artículos programados de acuerdo con el Plan Maestro de Producción.

Dado que uno de los objetivos principales de este trabajo consiste en determinar la capacidad de respuesta de la estructura fabril y sus áreas conexas bajo diferentes escenarios previstos de demanda, se propone a continuación implementar un modelo de optimización del Programa de Taller de Producción, a fin de poder monitorear sus efectos sobre los indicadores de nivel de servicio y cumplimiento de los plazos de entrega comprometidos.

En definitiva, el planteo del problema consiste en determinar una planeación óptima de los requerimientos de capacidad (CRP), de tal manera de maximizar los indicadores a definirse como *key factors* en términos de calidad de servicio a los clientes y de factores de ocupación de recursos productivos.

Tal como lo define R. Companys⁵, el análisis se encuadra dentro de lo que típicamente se denomina problema del taller mecánico o *job-shop problem*, por el que un determinado número de piezas, conjuntos o lotes deben realizarse en una cantidad de máquinas definidas, a través de una serie definida de operaciones de duración conocida, y en cierto orden establecido (precedencias). El programa debe establecer las secuencias de operaciones, los intervalos entre las mismas y la prioridad en la asignación de los equipos o puestos, a fin de optimizar los indicadores de eficiencia o calidad definidos.

Este proceso de optimización habitualmente se efectúa aplicando heurísticas o algoritmos heurísticos, que permiten arribar a soluciones cuasi-óptimas en períodos de tiempo relativamente cortos, al descartar combinaciones posibles que no cumplen con determinadas condiciones de priorización u ordenamiento previo.

⁵ Companys, Ramón y D' Armas Mayra - Programación de operaciones con tiempos de preparación mediante algoritmos de optimización local; UCT, Vol. 9 (35) 155-162 (2005)

En la sección siguiente, se desarrolla el modelo analítico que permite la aplicación de tal metodología, para posteriormente comparar los resultados y seleccionar los procedimientos que mejor se adaptan a la problemática particular de la empresa testigo utilizada para el trabajo.

Sección 7 – Programación óptima de operaciones en el taller de producción

El objetivo de esta sección consiste en determinar las reglas de asignación de recursos y de secuenciación de tareas y de operaciones del taller de producción y sus áreas auxiliares de servicios, para los programas de producción derivados de las diferentes simulaciones de demanda agregada bajo los escenarios definidos en las secciones anteriores.

Se calcularán y compararán los resultados de la aplicación de las diferentes reglas sobre diferentes indicadores de calidad de servicio y objetivos conexos de optimización de utilización de recursos, a fin de determinar cuáles deberían preferirse bajo los diferentes contextos de actividad.

Los puntos clave a considerar para desarrollar la herramienta de optimización son los siguientes⁶:

- **Programación del taller:** implica definir el patrón de llegada de los trabajos; el número y variedad de las máquinas, equipos y puestos de trabajo; el número y calificación de los trabajadores asignados a cada puesto; los patrones de flujo de cada trabajo en el taller; la inclusión de recursos de terceros (*outsourcing*) para aumentar o flexibilidad la capacidad de respuesta; ente otros aspectos.
- **Las reglas de secuenciación:** consiste en definir cuáles serán los trabajos que se programarán en forma prioritaria, cuando la agregación de trabajos programados determine que varios de ellos compitan por un mismo recurso de capacidad limitada.
- **Los resultados de la secuenciación:** deben definirse cuáles serán los indicadores más relevantes a la hora de determinar la efectividad de las reglas seleccionadas en el proceso de secuenciación de tareas.
- **La programación secuencial en ambiente estocástico:** implica reconocer e incorporar en la herramienta de programación la incertidumbre en las fuentes de información sobre la que se basan los programas; en particular – y toda vez que el modelo de simulación aplicado en las secciones anteriores ya ha permitido afectar los patrones de demanda – dicha incertidumbre habría de afectar adicionalmente la definición de los tiempos de duración de cada tarea programada.

⁶ Steven Nahmias: “Análisis de la Producción y las Operaciones”, 5/e, Cap. 8 – McGraw Hill, México (2007)

- El balanceo de la línea: consiste en lograr que la carga de demanda de capacidad para los diferentes puestos o equipos sea lo más pareja posible, tanto para los puestos equivalentes (aquellos que pueden efectuar las mismas tareas u operaciones), como para la línea en su conjunto. Esto debería redundar en un mayor factor de ocupación del taller y, por ende, en una disminución en el tiempo de flujo medio para cada trabajo programado.

Un punto importante a resaltar, en relación con el proceso de esquematización del modelo de programación de las tareas del taller, es que se han tomado como válidas muchas de las hipótesis delineadas por Conway, Maxwell y Miller (1967)⁷ para simplificar el planteo del “problema de taller de tareas múltiples” o “*n/m job-shop scheduling problem*”, a saber:

- Los n trabajos a ser realizados (entendiendo por ellos a una secuencia determinada de operaciones) se consideran conocidos y bien definidos de antemano.
- Los m recursos disponibles para ser asignados a los trabajos requeridos – mano de obra, equipos, maquinaria, puestos, etc. - son perfectamente conocidos y se consideran permanentemente utilizables durante la totalidad del período a programar.
- No se prevén alteraciones de la capacidad, ni de la disponibilidad de los recursos durante todo el período abarcado por la programación.

En la práctica, desviaciones significativas respecto del programa inicial pueden llegar a manifestarse debido a causas tales como modificaciones en las órdenes de los clientes (sea por modificaciones en las cantidades ordenadas, como también por cambios de ingeniería o especificaciones técnicas), averías o alteraciones en la disponibilidad del equipamiento, indisposiciones del personal afectado a la producción, cambios en los materiales disponibles, entre otros. Estas situaciones provocan lo que algunos autores tales como Steele (1975)⁸ han definido como “nerviosismo” en el programa, para referirse a las revisiones que el mismo requiere a medida que el horizonte del tiempo se mueve hacia adelante.

No obstante lo anterior, la simplificación que la aplicación de las hipótesis esbozadas por Conway, Maxwell y Miller al problema de programación, para transformarlo en un planteo de optimización de programación de multi-secuencias, en función de parámetros de eficiencia objetivos, no afecta la utilidad de esta herramienta como método para ayudar a maximizar la productividad de la cadena productiva, aún aceptando que los resultados obtenidos deban ser ajustados en relación con las desviaciones reales del programa respecto del plan original.

7a) Programación del taller

Como primer paso, se ha utilizado la información derivada de cada Programa Maestro de Producción (MPS) – uno por iteración de simulación y para cada escenario – para

⁷ Conway R. W., Maxwell W. L. and Miller L. W. – Theory of Scheduling, Cap 1; Addison and Wesley (1967)

⁸ Steele, D. C. - "The Nervous MRP System: How to Do Battle"; Journal of Production and Inventory Management, Vol. 16 (1975), 83-89

determinar la demanda de capacidad total para cada equipo o puesto de trabajo, lo que a su vez permite establecer los porcentajes de utilización u ocupación teórica de la línea para cada escenario, medidos en términos de capacidad disponible total de horas de taller disponibles bajo cada escenario [ver Anexo 7.1].

De la comparación de las matrices de ocupación, surge claramente que determinados equipos o puestos se encontrarán sujetos a una carga muy superior al promedio de la línea, e inclusive por encima del máximo de horas disponibles para el período. En base a la experiencia histórica de la compañía, se han determinado los porcentajes de ocupación promedio máximos que no deberían excederse bajo las condiciones de demanda estimada (al final de cada matriz de carga acumulada de trabajo), para así poder asegurar que los niveles de cumplimiento en los plazos comprometidos queden dentro de los rangos de calidad de servicio exigidos.

Sin embargo, la superposición de tareas y las restricciones de precedencia para las diferentes operaciones han de distorsionar este esquema, estirando los plazos de ejecución de cada producto respecto de sus tiempos de ciclo derivados de los Diagramas de Gantt unitarios. Esta afectación dependerá fundamentalmente de las reglas de secuenciación que deban establecerse para asignar las prioridades respecto del orden de ejecución de las tareas.

7b) Reglas de secuenciación

A los efectos de comparar distintas alternativas en la asignación de prioridades de las tareas superpuestas, se han considerado las siguientes reglas para definir las disciplinas de secuenciación:

Primera fecha de entrega (EDD): donde los trabajos o tareas se ordenan ascendentemente según su fecha de vencimiento o *due date*, de tal manera que se priorizarán en un determinado momento aquellos que, una vez que han sido liberados para producción, correspondan a los artículos o ítems cuya fecha de entrega prevista sea más cercana.

Tiempo de procesamiento más corto primero (SPT): donde los trabajos o tareas se ordenan ascendentemente según su duración, de tal manera que se priorizarán en un determinado momento aquellos que, una vez que han sido liberados para producción, sean los más cortos entre todos los pendientes de ejecución.

Tiempo de procesamiento más largo primero (LPT): donde los trabajos o tareas se ordenan descendientemente según su duración, de tal manera que se priorizarán en un determinado momento aquellos que, una vez que han sido liberados para producción, sean los más largos entre todos los pendientes de ejecución.

Tiempo total de procesamiento esperado más largo primero (LEPT): donde los trabajos o tareas se ordenan descendientemente según la duración total esperada para el producto final – entendiendo por duración total esperada al tiempo de ciclo teórico (*expected cycle time*) definido para el artículo o ítem sin considerar los efectos derivados de superposiciones o restricciones por disponibilidad de los puestos de trabajo debidas a la ejecución de otros trabajos –. De esta manera, al aplicarse esta regla de secuenciación se

priorizarán en un determinado momento aquellos trabajos que, una vez que han sido liberados para producción, sean los que se corresponden con los artículos o ítems que presenten tiempos de ciclo totales esperados más largos.

Las razones por las cuales se han seleccionado estas reglas posibles de secuenciación son las siguientes: (i) la regla de SPT permitiría minimizar el tiempo de flujo medio, aunque tiende a prolongar el tiempo de flujo máximo al retardar los trabajos más extensos; (ii) la regla de EDD permitiría minimizar el retraso máximo; (iii) bajo condiciones de incertidumbre en la duración de las tareas, la reglas LPT y LEPT permitirían minimizar los tiempos de ciclo efectivo de cada uno de los artículos o ítems programados, aunque la efectividad relativa entre ambas disciplinas no puede predecirse a priori, por lo que deben necesariamente simularse sus efectos para verificar su preferencia. Habiéndose planteado la necesidad de optimizar los indicadores de desempeño del área de producción, la regla FCFS (*first come, first served*) no se ha considerado satisfactoria, toda vez que bajo escenarios de intensidad de tráfico elevada⁹ – tal como se presenta generalmente en el caso de la demanda de la empresa bajo estudio – la disciplina SPT tiende a generar tiempos de flujo relativos sensiblemente inferiores, aunque con varianzas de los tiempos de flujo comparativamente superiores.

Dado que en la práctica, muchos plazos de vencimiento coinciden con la finalización de un determinado mes, se ha considerado relevante ponderar dichos plazos afectando el tiempo disponible para realizar cada tarea, reduciéndola en su duración, de tal manera que la regla EDD priorizará las operaciones cuyo tiempo ajustado según la fórmula

$$EDD^* = due\ date - ahora() - duración$$

sea mínimo. De esta manera, se transforma esta regla, adaptándola a una suerte de “razón crítica”, por la cual para un mismo plazo de entrega comprometido, los trabajos más largos serán priorizados en su ejecución.

Para poder aplicar cada una de estas reglas, se han aplicado ciertas soluciones heurísticas, las cuales si bien no permiten asegurar la obtención de soluciones necesariamente óptimas, si logran acercarse más rápidamente a las mismas, disminuyendo el tiempo en la elaboración de soluciones satisfactorias, con alto grado de validez comparativa¹⁰.

En el Anexo 7.2 se exhiben los resultados de las diferentes corridas de simulación, ordenadas de acuerdo con cada una de las reglas enumeradas anteriormente. En cada caso quedan definidos para cada tarea, la fecha de ingreso, el momento de inicio, el momento de finalización, y la anticipación o retraso respecto de la fecha de vencimiento prevista.

También pueden construirse, a partir de la información provista por la aplicación de las respectivas reglas de secuenciación, los Diagramas de Gantt integrales para todas las

⁹ La tasa de utilización del sistema viene dada por $\rho = \lambda / c \mu$, siendo λ la tasa de llegadas, c el número de puestos, y μ la tasa de servicio; ρ debería ser inferior a 1 para que el sistema sea estable, y los trabajos en espera no crezcan indefinidamente.

¹⁰ Eppen, G. D.: “Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa”, 5/e, Cap. 9 – Prentice-Hall, México (2000)

tareas estipuladas en el Programa Detallado del Taller [ver Anexo 7.3], para el cual se han respetado las relaciones de precedencia establecidas por cada uno de los diagramas de estructura de productos, y las restricciones de capacidad para cada equipo o puesto de trabajo, de manera tal de evitar superposiciones o sobrecargas para los mismos en cada momento a lo largo de todo el período de programación de la producción.

El Diagrama de Gantt integral exhibe asimismo, la evolución del patrón de tasas de ocupación para cada equipo o puesto, y el correspondiente al total del taller, a lo largo de todo el período proyectado. Esta información resulta imprescindible a la hora de establecer las necesidades de refuerzo de los recursos productivos, ya sea a partir de la extensión de las jornadas laborables (mediante el trabajo en horas extras) o mediante el auxilio de proveedores externos para tareas específicas.

7c) Resultados de la secuenciación

Para poder comparar y analizar los resultados de aplicar las distintas alternativas en la asignación de prioridades a la programación de todas las tareas programadas para cada corrida, se detallan en el Anexo 7.4 las respectivas matrices de eventos correspondientes a los diferentes escenarios, con sus tiempos de ejecución totales asignados de acuerdo con cada una de las reglas de secuenciación.

Como indicadores de la performance en el servicio logrado a partir de la aplicación de las diversas disciplinas de selección comparadas, se han identificado los siguientes:

- Tiempo de flujo efectivo (horas de trabajo efectivas aplicadas al evento)
- (Anticipación) / Retardo del trabajo: medido en días respecto de la fecha de vencimiento o entrega comprometida (*due date*)
- Tiempo de flujo promedio (para todos los trabajos programados)
- Retardo promedio (para todos los trabajos programados)
- Rango de variación de los indicadores anteriores (valor máximo, media, valor mínimo y desviación estándar)

Para cada una de las disciplinas de servicio, se han calculado adicionalmente las siguientes relaciones, que permiten comparar el grado de cumplimiento de los tiempos de flujo teóricos y de los plazos de ejecución comprometidos proyectados, en forma normalizada, a saber:

- Relación Tiempo de Flujo efectivo a Tiempo de Flujo teórico:

$$[TFE / TFT]_j = \frac{t \text{ finalización evento}_j - t \text{ inicio evento}_j \text{ (hs)}}{\text{tiempo flujo teórico unitario evento}_j \text{ (hs)}}$$

- Relación Plazo de Entrega efectivo a Plazo de Entrega teórico:

$$[PEE / PET]_j = \frac{\text{fecha finalización evento}_j - \text{fecha ingreso evento}_j}{\text{due date evento}_j - \text{fecha ingreso evento}_j}$$

Asimismo, se han graficado las correspondientes distribuciones de frecuencia de los indicadores de nivel de servicio anteriormente definidos en el párrafo anterior, y se han calculado los respectivos parámetros de sus estadísticas descriptivas [ver Gráficos 7.1 y Tablas 7.1].

Debe notarse que los rangos de variabilidad de los indicadores de nivel de servicio relativos [TFE/TFT] y [PEE/PET] resultan muy amplios para la mayor parte de las corridas de simulación efectuadas, por lo que las escalas de dichos indicadores en las abscisas de los gráficos mencionados se han adaptado convenientemente para facilitar su visualización y comparación. Esta variabilidad está principalmente vinculada con el hecho de que muchos de los ítems programados – como la mayoría de los correspondientes al segmentos {E} – presentan tiempos de flujo esperados relativamente bajos, y en consecuencia sus plazos de entrega teóricos comprometidos también lo son. Así, los efectos de los retrasos derivados de la programación tardía de dichos ítems se evidencian a través de valores mucho más altos de sus indicadores de nivel de servicio. Sin embargo, con el objetivo de comparar la efectividad de las diferentes reglas de secuenciación planteadas, se consideran más relevantes los resultados exhibidos por las estadísticas descriptivas de cada una de ellas, frente a la variación de escenarios de demanda, tal como se desglosan en las tablas que se acompañan para el análisis.

Gráfico 7.1 (i) – Distribuciones de frecuencia de los indicadores de nivel de servicio [TFE/TFT] y [PEE/PET] – Comparativo entre reglas de secuenciación

Escenarios Esperados (corridas EE11 y EE12)

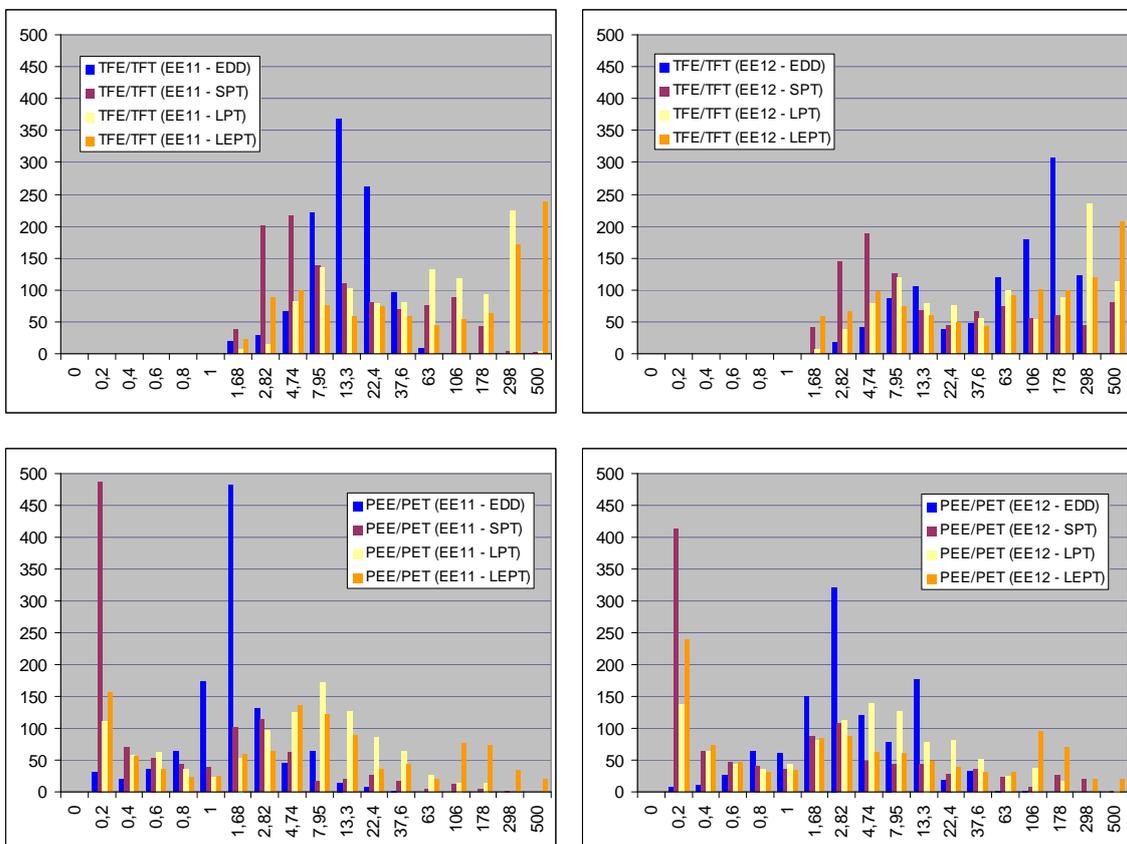


Tabla 7.1 (i) – Estadística descriptiva de las distribuciones de frecuencia de los indicadores de nivel de servicio; comparativo entre reglas de secuenciación

Escenarios Esperados (corridas EE11 y EE12)

Escenario Esperado - EE11

Finalización	tiempo flujo efectivo	t. flujo efectivo / t. flujo teórico	(anticipación) / retraso	plazo efectivo / plazo teórico
EDD				
max	1609,4	55,8	250,0	23,0
min	-2,4	1,1	-106,0	0,0
media	116,0	12,2	11,0	1,9
desvest	225,1	7,5	23,9	2,2
cv	1,9	0,6	2,2	1,2
SPT				
max	3219,5	371,0	560,0	217,0
min	2,9	1,1	-105,0	0,0
media	240,5	22,9	12,2	3,7
desvest	501,8	36,0	94,9	14,2
cv	2,1	1,6	7,8	3,9
LPT				
max	3072,5	444,0	714,0	143,8
min	4,8	1,2	-174,0	0,0
media	672,6	83,5	199,1	10,4
desvest	770,8	90,8	224,8	19,4
cv	1,1	1,1	1,1	1,9
LEPT				
max	2606,5	623,4	726,0	617,0
min	4,7	1,1	-190,0	0,0
media	654,6	152,6	200,8	35,1
desvest	626,7	162,1	239,2	72,1
cv	1,0	1,1	1,2	2,1

Escenario Esperado - EE12

Finalización	tiempo flujo efectivo	t. flujo efectivo / t. flujo teórico	(anticipación) / retraso	plazo efectivo / plazo teórico
EDD				
max	1439,3	236,0	332,0	83,0
min	9,2	1,7	-101,0	0,1
media	373,8	87,1	59,7	5,0
desvest	249,8	66,5	76,1	6,9
cv	0,7	0,8	1,3	1,4
SPT				
max	3098,0	827,9	708,0	465,0
min	2,9	1,2	-114,0	0,0
media	435,6	109,5	54,2	12,1
desvest	630,4	198,0	154,3	38,9
cv	1,4	1,8	2,8	3,2
LPT				
max	2443,8	570,9	725,0	483,0
min	2,5	1,1	-178,0	0,0
media	656,5	119,8	151,6	11,5
desvest	610,4	127,3	201,6	26,7
cv	0,9	1,1	1,3	2,3
LEPT				
max	2277,3	518,6	721,0	471,0
min	4,8	1,1	-186,0	0,0
media	442,6	128,9	139,9	30,4
desvest	398,2	144,1	229,7	63,7
cv	0,9	1,1	1,6	2,1

Gráfico 7.1 (ii) – Distribuciones de frecuencia de los indicadores de nivel de servicio [TFE/TFT] y [PEE/PET]

Escenarios Pesimistas (corridas EP21 y EP22)

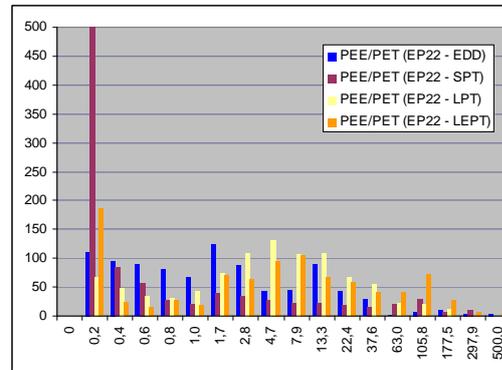
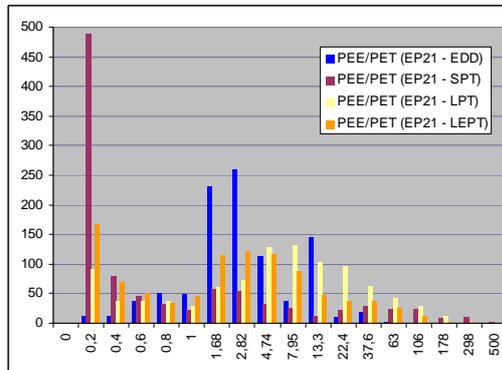
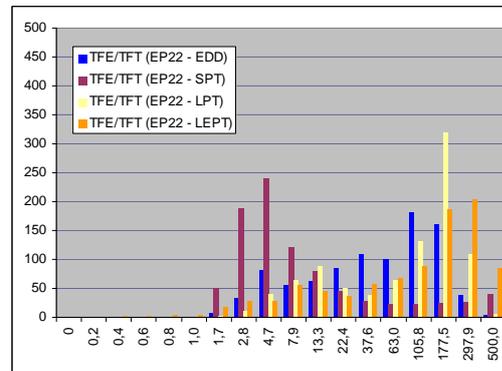
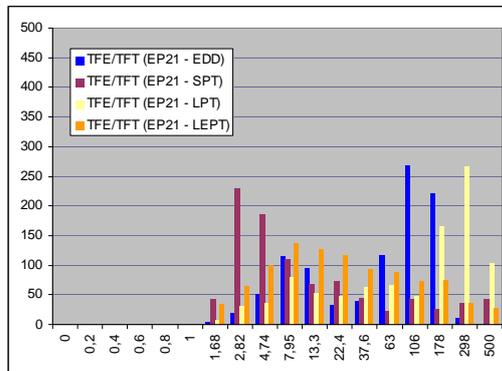


Tabla 7.1 (ii) – Estadística descriptiva de las distribuciones de frecuencia de los indicadores de nivel de servicio; comparativo entre reglas de secuenciación

Escenarios Pesimistas (corridas EP21 y EP22)

Escenario Pesimista - EP21

Finalización	tiempo flujo efectivo	t. flujo efectivo / t. flujo teórico	(anticipación) / retraso	plazo efectivo / plazo teórico
EDD				
max	1329,8	195,0	160,0	52,0
min	8,5	1,3	-76,0	0,0
media	278,0	65,2	35,4	3,9
desvest	210,8	50,8	36,1	4,9
cv	0,8	0,8	1,0	1,2
SPT				
max	2589,3	757,9	563,0	469,0
min	2,4	1,2	-133,0	0,0
media	316,9	70,2	21,3	9,3
desvest	559,1	154,9	115,2	33,3
cv	1,8	2,2	5,4	3,6
LPT				
max	2804,6	806,9	705,0	140,2
min	7,2	1,2	-176,0	0,0
media	681,8	140,5	189,7	12,8
desvest	537,9	125,5	207,6	22,2
cv	0,8	0,9	1,1	1,7
LEPT				
max	2121,2	495,7	480,0	241,0
min	4,3	1,2	-187,0	0,0
media	271,1	48,1	51,7	6,5
desvest	383,4	77,8	103,2	15,1
cv	1,4	1,6	2,0	2,3

Escenario Pesimista - EP22

Finalización	tiempo flujo efectivo	t. flujo efectivo / t. flujo teórico	(anticipación) / retraso	plazo efectivo / plazo teórico
EDD				
max	1400,5	206,6	177,0	69,5
min	5,1	1,3	-66,0	0,0
media	298,4	66,1	52,0	8,1
desvest	292,2	81,1	65,8	10,0
cv	1,0	1,2	1,3	1,2
SPT				
max	2489,3	662,4	549,0	275,5
min	2,9	1,1	-103,0	0,0
media	280,8	57,0	15,3	8,8
desvest	553,9	136,1	123,4	31,9
cv	2,0	2,4	8,1	3,6
LPT				
max	2584,0	423,7	724,0	145,8
min	6,9	1,3	-173,0	0,0
media	563,0	96,6	159,4	10,4
desvest	470,7	78,2	192,7	19,6
cv	0,8	0,8	1,2	1,9
LEPT				
max	2531,3	1330,9	720,0	361,0
min	6,5	0,2	-247,0	-10,0
media	636,9	141,8	144,3	20,5
desvest	516,8	147,8	202,3	42,9
cv	0,8	1,0	1,4	2,1

Gráfico 7.1 (iii) – Distribuciones de frecuencia de los indicadores de nivel de servicio [TFE/TFT] y [PEE/PET]

Escenarios Optimistas (corridas EO31 y EO32)

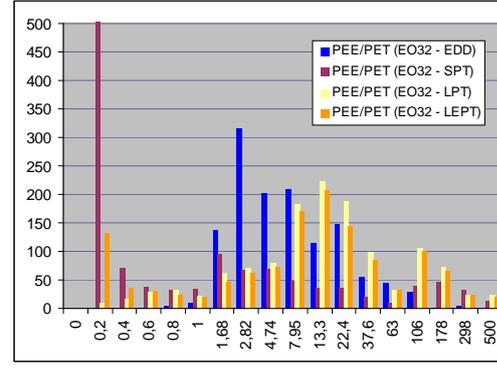
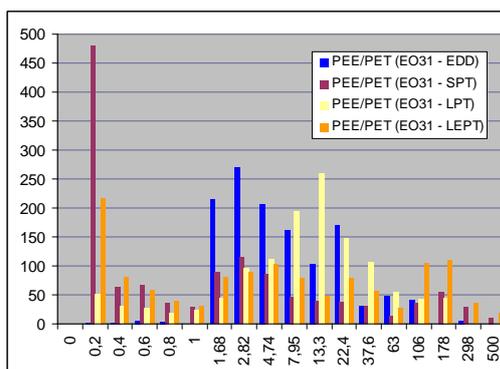
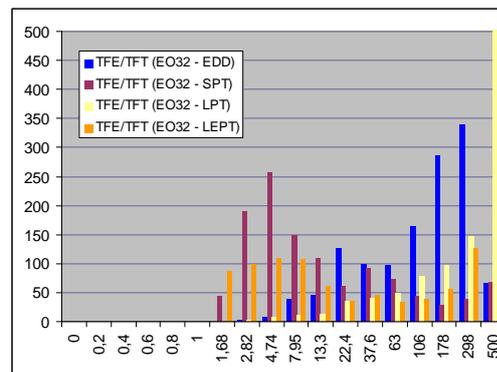
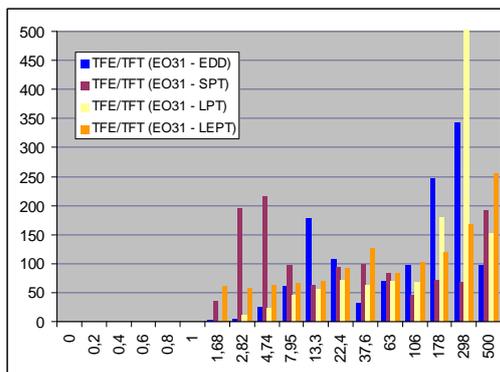


Tabla 7.1 (iii) – Estadística descriptiva de las distribuciones de frecuencia de los indicadores de nivel de servicio; comparativo entre reglas de secuenciación

Escenarios Optimistas (corridas EO31 y EO32)

Escenario Optimista - EO31

Finalización	tiempo flujo efectivo	t. flujo efectivo / t. flujo teórico	(anticipación) / retraso	plazo efectivo / plazo teórico
EDD				
max	1900,6	573,0	403,0	201,5
min	-2,4	1,1	-70,0	-0,2
media	561,7	134,1	130,0	11,3
desvest	384,5	119,6	120,0	20,5
cv	0,7	0,9	0,9	1,8
SPT				
max	4062,6	838,0	725,0	363,0
min	2,9	1,2	-101,0	0,0
media	575,1	123,1	88,4	19,4
desvest	864,1	219,1	196,1	54,0
cv	1,5	1,8	2,2	2,8
LPT				
max	4195,5	725,2	726,0	146,2
min	9,3	1,9	-102,0	0,0
media	1041,2	183,1	307,2	17,8
desvest	779,1	139,1	230,3	27,4
cv	0,7	0,8	0,7	1,5
LEPT				
max	3237,4	756,1	726,0	363,0
min	4,9	1,1	-182,0	0,0
media	613,0	161,6	196,0	35,0
desvest	566,0	194,8	256,3	65,4
cv	0,9	1,2	1,3	1,9

Escenario Optimista - EO32

Finalización	tiempo flujo efectivo	t. flujo efectivo / t. flujo teórico	(anticipación) / retraso	plazo efectivo / plazo teórico
EDD				
max	3654,3	493,1	392,0	194,5
min	19,4	2,7	-24,0	0,6
media	660,7	131,0	141,5	10,6
desvest	533,3	100,6	124,5	18,2
cv	0,8	0,8	0,9	1,7
SPT				
max	5537,8	865,4	725,0	594,0
min	2,4	1,1	-101,0	0,0
media	584,0	109,4	79,3	19,9
desvest	1034,6	219,8	198,0	59,1
cv	1,8	2,0	2,5	3,0
LPT				
max	6910,3	1861,2	726,0	594,0
min	5,8	1,7	-167,0	-0,4
media	2553,8	530,5	356,3	34,5
desvest	1666,9	424,2	225,5	62,5
cv	0,7	0,8	0,6	1,8
LEPT				
max	4739,3	1278,4	726,0	594,0
min	2,5	1,1	-176,0	0,0
media	1440,4	273,0	303,2	31,2
desvest	1383,0	323,1	242,5	60,5
cv	1,0	1,2	0,8	1,9

A partir de la comparación de los resultados obtenidos para las sucesivas corridas de la simulación bajo los distintos escenarios, de sus representaciones gráficas de las distribuciones de frecuencia de los indicadores de eficiencia, y de los análisis estadísticos, se han podido concluir los siguientes aspectos más relevantes vinculados con las estrategias de secuenciación:

- Que en casi todos los casos la disciplina EDD corregida por razón de criticidad ha demostrado ser la más efectiva en términos de minimizar los tiempos de flujo efectivos relativos y minimizar los retrasos, permitiendo asimismo disminuir los plazos de entrega reales.
- Que sin embargo debe remarcar que la disciplina SPT exhibe la posibilidad de agilizar el despacho de trabajos “cortos”, evitando que los mismos sean obligados a esperar la finalización de otros más urgentes. Este aspecto es particularmente importante a tener en cuenta para ser aplicado como estrategia para el segmento {E} de partes, repuestos y reparaciones, los cuales – excepto que estén vinculados con paradas programadas o esquemas de mantenimiento preventivo – generalmente se manifiestan como urgentes o altamente prioritarios.
- Que sólo bajo escenarios de baja demanda, las estrategias LEPT muestran relativa efectividad, al permitir reducir los tiempos de flujo efectivos, aunque aumentando la variabilidad de los plazos de entrega.

- Que la disciplina LPT provee relativamente menor dispersión en los indicadores de eficiencia, bajo todo tipo de escenario.
- Que la estrategia combinada a partir de la aplicación de la disciplina SPT para el segmento {E} que incluye las partes, repuestos y reparaciones, y la disciplina EDD ajustada por criticidad para los segmentos restantes, ha probado ser la más efectiva para todos los escenarios, toda vez que permite minimizar tanto los tiempos de flujo efectivos medios, como los retrasos medios de todos los eventos [ver Tabla 7.2].
- Que los valores unitarios de los indicadores de eficiencia se dispersan fuertemente cuando se programan escenarios de intensa demanda (representados por los escenarios optimistas), lo que se interpreta como una marcada sensibilidad de la capacidad de respuesta de la línea completa a la existencia de puestos o equipos transformados en cuellos de botella.

Tabla 7.2 – Estadística descriptiva de las distribuciones de frecuencia de los indicadores de nivel de servicio; regla de secuenciación combinada EDD+SPT

Escenarios Esperados (corridas EE11 y EE12)

EDD+SPT					EDD+SPT				
max	1714,1	371,0	326,0	217,0	2769,6	827,9	708,0	465,0	
min	-2,9	1,1	-106,0	0,0	2,9	1,2	101,0	0,0	
media	178,7	21,1	-0,9	3,5	403,5	109,0	47,1	12,0	
desvest	320,6	34,4	62,0	14,2	562,3	198,2	146,7	38,9	
cv	1,8	1,6	-67,5	4,0	1,4	1,8	3,1	3,2	

Escenarios Pesimistas (corridas EP21 y EP22)

EDD+SPT					EDD+SPT				
max	2256,7	757,9	563,0	469,0	2331,6	662,4	549,0	275,5	
min	-2,4	1,2	-76,0	0,0	2,9	1,1	166,0	0,0	
media	272,8	68,8	12,9	9,2	246,7	56,4	6,6	8,7	
desvest	477,6	155,0	101,6	33,3	480,5	136,0	113,1	31,9	
cv	1,8	2,3	7,9	3,6	1,9	2,4	17,2	3,7	

Escenarios Optimistas (corridas EO31 y EO32)

EDD+SPT					EDD+SPT				
max	3033,7	838,0	725,0	363,0	3654,3	865,4	725,0	594,0	
min	-2,9	1,2	-75,0	0,0	2,4	1,1	-75,0	0,0	
media	516,1	121,8	75,6	19,3	523,3	108,7	71,2	19,8	
desvest	761,4	219,4	183,9	54,1	856,7	220,0	186,4	59,1	
cv	1,5	1,8	2,4	2,8	1,6	2,0	2,6	3,0	

7d) Programación secuencial en ambiente estocástico

La significativa variabilidad de los patrones de demanda de todos los posibles artículos correspondientes a los diferentes categorías y subcategorías en los que se divide el portafolio de productos y servicios ofrecidos por la empresa, hacen poco aplicable la teoría tradicional de colas para definir la naturaleza aleatoria de los procesos de llegada.

Por eso es que en lugar de considerar las distribuciones típicas de Poisson para describir la distribución de llegadas, se han preferido los perfiles de demanda obtenidos a partir

de las simulaciones corridas en la sección 5. Adicionalmente al problema de programación estocástica, dentro del esquema de programación de trabajos de taller con máquinas múltiples, debería incorporarse como complemento para potenciar el alcance del proceso de la optimización, la consideración de la variabilidad en la duración de las tareas, a través de la asignación de distribuciones de frecuencia a cada una de ellas. Tradicionalmente, se formula la hipótesis de que la distribución de los tiempos de proceso sigue una función exponencial, asumiendo que dicha distribución es la única que tiene la propiedad de ausencia de memoria, por la cual la probabilidad de que un trabajo se termine en un instante de tiempo es independiente del tiempo ya transcurrido. Sin embargo, cuando los tiempos de procesamiento no pueden ser pronosticados con exactitud – tal vez sea el caso para buena parte de la información de tiempos de procesos derivada de los diagramas de flujo unitarios –, es poco aplicable esta suposición, por lo que se ha considerado poco relevante el aporte que dicho análisis estocástico podría agregar al trabajo.

Aún aceptando estas restricciones, la posibilidad de iterar repetidamente las corridas bajo un mismo escenario, cumple con el objetivo de incorporar suficiente aleatoriedad en cada contexto, lo que agrega un significativo valor adicional al análisis frente a los tratamientos tradicionales básicamente estáticos.

7e) Balanceo de la línea de producción

La complejidad del planteo del problema de taller de tareas múltiples radica fundamentalmente en el hecho de que los trabajos a programar requieren la ejecución de una dada cantidad de tareas u operaciones que deben efectuarse en un orden predeterminado que no debe ni puede alterarse. Si bien algunas de estas tareas pueden efectuarse en forma simultánea, las relaciones de precedencia determinan que en un momento dado, uno o más equipos o puestos de trabajo deban necesariamente esperar a que otro equipo o puesto termine su tarea asignada para recién poder comenzar las propias. Esta secuencia ordenada de tareas genera, por lo tanto, que las estaciones de trabajo – y su personal directo asociado - experimenten tiempos muertos (*idle times*) que disminuyen la productividad global de la línea de producción.

En el Anexo 7.3 se detallan los porcentajes de utilización efectiva para cada estación o puesto de trabajo durante un período de tiempo definido. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que dichos porcentajes de utilización pueden variar sensiblemente a lo largo de todo el horizonte de la programación, dependiendo de la secuenciación de tareas que vaya determinándose en cada momento.

Como ya se ha mencionado anteriormente, en base a resultados empíricos se ha establecido que los porcentajes promedio de utilización no deberían exceder de ciertos valores máximos para lograr una correcta utilización de la línea en forma integral, pero asegurando al mismo tiempo que los plazos máximos de ejecución converjan con la máxima disponibilidad de horas-taller [ver Anexo 7.1].

A los fines de ecualizar dichos porcentajes, se han procedido a reasignar tareas y operaciones a equipos o puestos de trabajo alternativos - incluyendo la posibilidad de acceder a la asistencia de proveedores externos -, de manera tal que para un tipo dado de

equipo su carga promedio de utilización no excede los límites establecidos, y presente una relativa homogeneidad respecto de sus puestos equivalentes.

Estas reasignaciones están sujetas a ciertas restricciones operativas, por lo cual algunas de las estaciones de trabajo proyectan cargas de trabajo superiores a lo deseable, lo que en las tablas de los anexos mencionados se remarcan en colores destacados (rosa = sobrecargado; rojo = excedido). Estos indicadores ponen en evidencia los puestos que se constituyen en cuellos de botella (*bottle necks*) de todo el proceso, y permitirán considerar la necesidad de reforzar dichos sectores o eventualmente complementar su disponibilidad a través de la oferta de terceros.

La bibliografía consultada refiere como extremadamente engorroso el planteo de soluciones analíticas modelizadas que permitan optimizar el balanceo de las líneas de ensamble con altos niveles de solapamiento de tareas. La simulación ha demostrado ser una poderosa aliada a los fines de evaluar la efectividad de las diferentes alternativas y estrategias que puedan proponerse para sobrellevar estas restricciones.

De hecho, el modelo habilita al analista a sensibilizar los resultados de los respectivos indicadores de eficiencia, frente a las reasignaciones de los puestos de trabajo críticos, ya sea que los mismos se encuentren subutilizados, o mediante la inclusión de puestos adicionales internos o externos. Otras soluciones, tales como la extensión parcial del horario disponible para los puestos críticos, también pueden ser evaluadas a través de esta herramienta.

7f) Consideraciones sobre los niveles de inventarios

Uno de los aspectos interesantes que se desprenden del análisis efectuado sobre la capacidad de respuesta de la estructura fabril frente a los diferentes escenarios de demanda, radica en interpretar cómo deberían adaptarse los niveles de inventarios necesarios en términos de materiales directos, productos semielaborados o *work-in-process*, partes y repuestos comunes y productos terminados listos para la entrega.

Tradicionalmente, los niveles de inventarios de partes y piezas semielaboradas han respondido a estimaciones empíricas basadas en la experiencia cotidiana a partir de los comportamientos históricos previos. Sin embargo, la elevada variabilidad de la demanda conspira para satisfacer los objetivos de atender las necesidades específicas de los diferentes ítems, sea por la amplísima variedad de partes implícitas en los diferentes modelos, sea por la imposibilidad de prever el momento exacto en que ha de materializarse el pedido de un ítem específico, siendo que los mismos pueden ser requeridos para la producción de un determinado equipo o producto, o pueden ser requeridos como elementos para una reparación. Por otra parte, los excesos de partes y repuestos complican financieramente a la compañía por el lucro cesante incurrido, pero también exigen un exceso de recursos para administrar, controlar, almacenar y manipular los ítems mantenidos en el inventario.

El problema de determinación de niveles de inventario óptimo bajo demanda aleatoria o incierta en sistemas multiproducto implica asignar distribuciones de probabilidades a las demandas implícitas de cada uno de los ítems a mantener en inventario, para

posteriormente aplicar los modelos de optimización de nivel de servicio definidos para dichos esquemas.

Dado que cada uno de los ítems a mantener en stock pueden formar parte de uno o más productos del portafolio de segmentos, pero también pueden ser requeridos como partes o repuestos para servicios de reparaciones, se debe descomponer la demanda generada para cada uno de los respectivos **Planes Maestros de Producción (MPS)** a partir de la **información detallada de sobre los requerimientos de cada artículo** o producto programado en el mismo, los **diagramas de estructura por modelo** [ver Anexo 6.2] y los **diagramas de sistema productivo (PST)** la explosión o despiece (**BOM**) para cada producto [ver Anexo 6.3]. De esta manera, se podrán obtener los perfiles de demanda para cada una de las piezas o partes constitutivas de cada uno de los productos programados bajo cada uno de los escenarios considerados.

Con el propósito de ejemplificar este análisis, se han seleccionado tres elementos para los cuales se han desglosado sus respectivos perfiles de demanda asociados a cada uno de los escenarios planteados, tomando en cada caso el promedio de las demandas surgidas de las diferentes corridas de simulación [ver Gráficos 7.2].

Adicionalmente, se han calculado los respectivos descriptores estadísticos media, desvío estándar y valor IFN unitario promedio. En los casos en que el elemento se encuentra incluido en algún equipo o producto a fabricar, el valor IFN unitario se corresponde con el del ítem completo correspondiente [ver Tablas 7.3].

Gráfico 7.2 (i) – Demanda proyectada para elemento “Manguera” (Promedios para cada escenario)

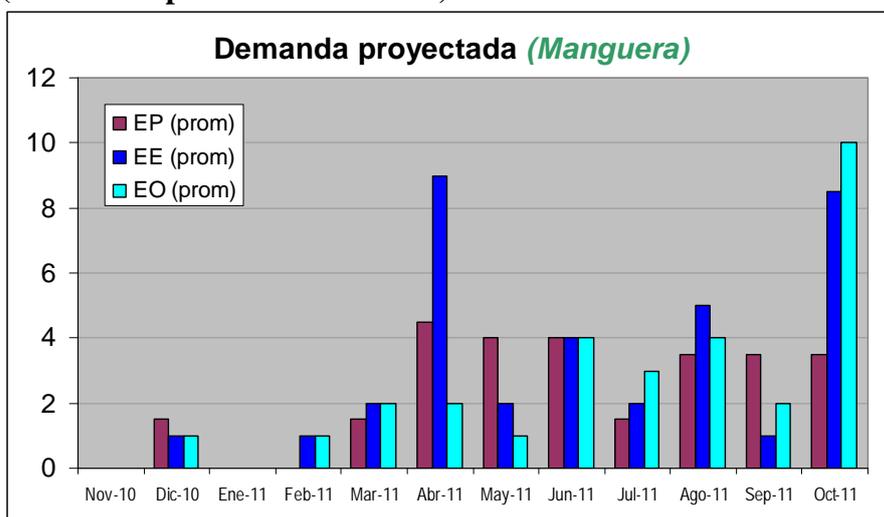


Tabla 7.3 (i) – Descriptores estadísticos para elemento “Manguera” (Promedios para cada escenario)

	Cantidad total	ifn prom	Media	Devest
EP (prom)	28,5	7,631	2,3	1,7
EE (prom)	40,0	4,813	3,0	3,1
EO (prom)	43,0	5,628	2,5	2,7

Gráfico 7.2 (ii) – Demanda proyectada para elemento “Motor”
(Promedios para cada escenario)

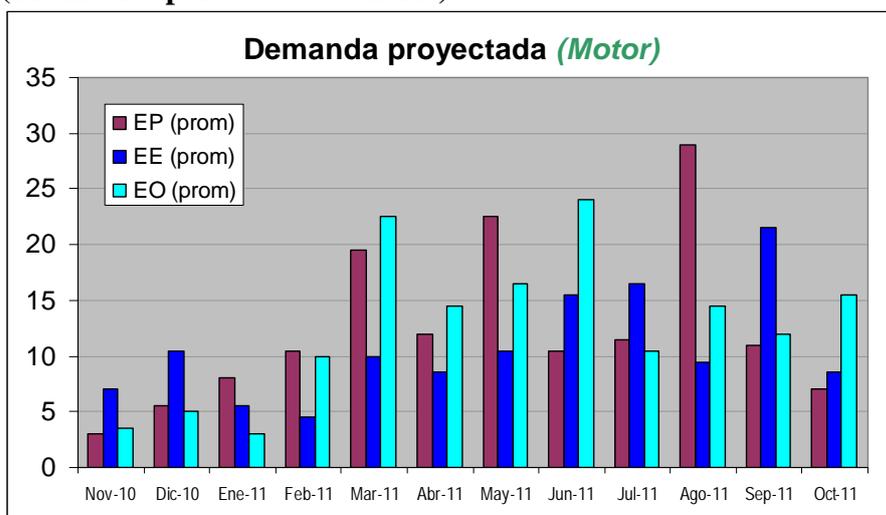


Tabla 7.3 (ii) – Descriptores estadísticos para elemento “Motor”
(Promedios para cada escenario)

	Cantidad total	ifn prom	Media	Devest
EP (prom)	162,0	8,290	12,5	7,5
EE (prom)	137,0	13,130	10,7	4,9
EO (prom)	191,5	9,416	12,6	6,8

Gráfico 7.2 (iii) – Demanda proyectada para elemento “Moltrante”
(Promedios para cada escenario)

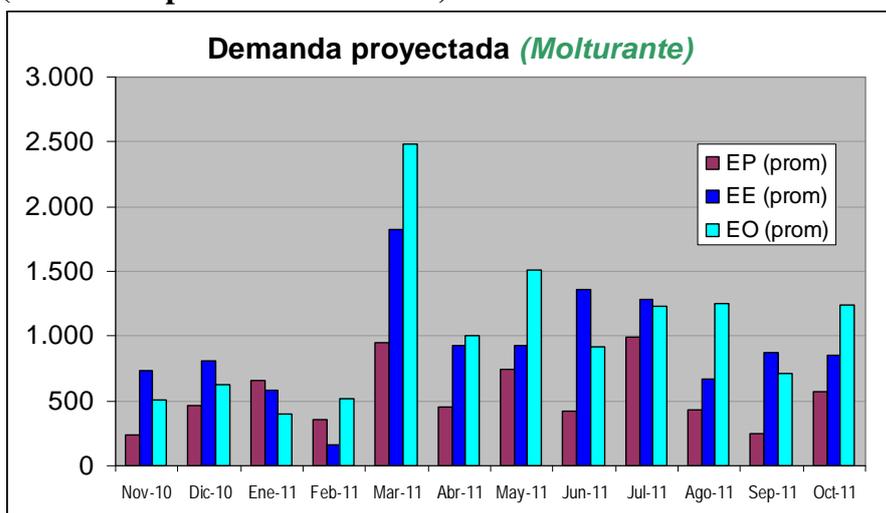


Tabla 7.3 (iii) – Descriptores estadísticos para elemento “Moltrante”
(Promedios para cada escenario)

	Cantidad total	ifn prom	Media	Devest
EP (prom)	6779,0	0,745	545,0	246,9
EE (prom)	10999,0	0,380	916,6	421,4
EO (prom)	12720,5	0,429	1035,4	579,3

La determinación del nivel óptimo a mantener en cada período se desprende de la aplicación del “*Modelo del repartidor de periódicos*”¹¹, extendido para considerar la inclusión del inventario inicial o de arrastre de los períodos anteriores.

Bajo este modelo, el nivel óptimo a mantener se calcula como Q^* , a partir de

$$F(Q^*) = cu / (cu + co)$$

siendo

$F(Q^*)$: la probabilidad de que la demanda no sea mayor a Q^*

cu : costo de la demanda insatisfecha por faltantes de stock en el momento de ser requerido, en términos unitarios

co : costo por stock excedente, en términos unitarios

Como aproximación, la función de probabilidad de la demanda puede estimarse como una distribución normal, con media μ y desvío estándar σ , de tal manera que la variable de decisión Q^* resulta ser

$$Q^* = \sigma z + \mu$$

A los efectos de establecer el nivel de servicio óptimo, se han considerado

$$cu = 25\% \text{ ifn promedio}$$

$$co = cu / 3$$

donde se ha partido de los valores de dichas variables calculadas para el promedio de los escenarios esperados EE para cada uno de los elementos testeados. Dado que el valor óptimo de la variable de decisión Q^* se ha de mantener para los diferentes escenarios, el nivel de servicio (definido a partir de la probabilidad de que la demanda no exceda dicho nivel de inventario), se deteriorará para los escenarios de demanda intensa y mejorará sustancialmente para los escenarios de demanda recesiva. Debe notarse que dentro del valor de ifn promedio se ha ponderado el valor correspondiente al producto completo para los casos en que el elemento forma parte del mismo y no es el objeto requerido en forma directa. Si bien pudiera parecer este factor como exageradamente punitorio para calcular el costo por falta de inventario, es imperativo tener en cuenta que la falta de uno sólo de los elementos constitutivos del diagrama de estructura de un determinado producto es suficiente para detener su cadena de producción y por tanto alterar todo el programa predefinido.

Así, se ha arribado a los siguientes valores de Q^* para los elementos tomados como testigo, y también se exhiben los valores correspondientes a los niveles de servicio para los demás escenarios [ver Tablas 7.4]:

¹¹ Steven Nahmias: “Análisis de la Producción y las Operaciones”, 5/e, Cap. 5 – McGraw Hill, México (2007)

Tabla 7.4 (i) – Nivel óptimo de inventario y nivel de servicio esperado para elemento “Manguera” - (Promedios para cada escenario)

	Media	Devest	costo x faltante	costo x exced.	razón crítica	factor servicio	nivel óptimo	razón
	μ	σ	cu	co	F(Q*)	z	Q*	Q*/ μ
EE (prom)	3,0	3,1	0,963	0,321	0,750	0,6745	5	1,70
							nivel de servicio	
EP (prom)	2,3	1,7				1,5901	5	2,20
EE (prom)	3,0	3,1				0,6745	5	1,70
EO (prom)	3,8	4,1				0,3156	5	1,34

Tabla 7.4 (ii) – Nivel óptimo de inventario y nivel de servicio esperado para elemento “Motor” - (Promedios para cada escenario)

	Media	Devest	costo x faltante	costo x exced.	razón crítica	factor servicio	nivel óptimo	razón
	μ	σ	cu	co	F(Q*)	z	Q*	Q*/ μ
EE (prom)	10,7	4,9	2,626	0,875	0,750	0,6745	14	1,31
							nivel de servicio	
EP (prom)	9,4	5,6				0,8148	14	1,49
EE (prom)	10,7	4,9				0,6745	14	1,31
EO (prom)	12,6	6,8				0,1992	14	1,11

Tabla 7.4 (iii) – Nivel óptimo de inventario y nivel de servicio esperado para elemento “Moltrante” - (Promedios para cada escenario)

	Media	Devest	costo x faltante	costo x exced.	razón crítica	factor servicio	nivel óptimo	razón
	μ	σ	cu	co	F(Q*)	z	Q*	Q*/ μ
EE (prom)	916,6	421,4	0,076	0,025	0,750	0,6745	1201	1,31
							nivel de servicio	
EP (prom)	545,0	246,9				2,6566	1201	2,20
EE (prom)	916,6	421,4				0,6745	1201	1,31
EO (prom)	1035,4	579,3				0,2856	1201	1,16

La razón Q^*/μ provee una indicación de la aleatoriedad en la demanda del ítem, toda vez que para un mismo nivel de servicio, Q^* resulta proporcionalmente mayor a la media cuanto mayor sea la dispersión de los valores proyectados para la demanda del elemento.

Sección 8 - Conclusiones

El trabajo ha demostrado ser extremadamente valioso para sentar las bases necesarias para poder instrumentar, dentro del contexto de empresas que presentan problemáticas similares a la empresa utilizada como testigo, herramientas de administración y gestión de la información que se tornan vitales a la hora de formular los planes estratégicos y operacionales de mediano y largo plazo.

Tradicionalmente ha imperado en muchas empresas de este tipo la idea de que poco puede hacerse en términos de anticiparse a las tendencias del mercado y a las necesidades de los clientes, toda vez que no son ellas las que marcan la evolución de la industria, y por ende deben necesariamente adoptar conductas reactivas para acomodarse a las situaciones cambiantes del entorno en el que deben desarrollar su actividad.

Sin embargo, las secciones iniciales del presente trabajo han permitido comprender los patrones generales de comportamiento de la industria que han mostrado ser particularmente útiles a la hora de proyectar demandas y sus concordantes niveles de actividad esperados. Se ha podido establecer, asimismo, que determinados indicadores macroeconómicos generales y propios del sector correlacionan aceptablemente con los perfiles de nivel de actividad de la industria y de la empresa, replicando los períodos de auge y de recesión con marcada fiabilidad, de manera tal que pueden adoptarse como estimadores razonables de los correspondientes a la evolución de la demanda futura.

En primer lugar cabe destacarse que a partir del análisis de los indicadores fundamentales de actividad e inversión a nivel macro, pudo derivarse una marcada correlación entre la evolución del crecimiento del Producto Bruto Interno y la Inversión Bruta Interna Fija en general, y que dicha correlación se extiende al sector particular de Máquinas y Equipos en el cual se desenvuelve la empresa bajo estudio. Esta correlación se ha mantenido tanto durante los períodos de retracción como en los de recuperación y expansión económica, aunque se ha verificado históricamente una inercia notable del sector durante los primeros trimestres post-crisis, en los cuales las decisiones de inversión quedan probablemente condicionadas por las expectativas de los empresarios respecto de la consolidación de las tendencias positivas.

De dicho análisis surge una sensible recuperación que el sector industrial de bienes de capital ha venido experimentando durante la última década, a partir de la salida de la convertibilidad, y que ha llevado a la relación entre la IBIF y el PBI a un índice del orden del 25% para los años de mayor actividad, del cual la participación del sector específico de Máquinas y Equipos ha rozado el 30%, y pareciera consolidarse en torno a un 27% a 28%. Estos valores han llevado a la industria de producción de bienes de capital a porcentajes de utilización de su capacidad instalada del orden del 75% al 80%

en los años recientes; porcentajes que permiten anticipar que este sector – con estructuras que no son fácilmente escalables – mostrará en los períodos venideros los efectos condicionantes de sus cuellos de botella y restricciones de capacidad para atender la demanda creciente.

A este escenario, el análisis de los indicadores de la capacidad instalada ha constatado el hecho de que la industria en general ha experimentado durante las últimas dos décadas del siglo pasado un deterioro significativo en términos de stock instalado de bienes de capital, con obsolescencia creciente y falta de renovación tecnológica en muchos rubros. La sustitución parcial del parque de bienes de capital por bienes importados promovida durante el período de convertibilidad, y posteriormente incentivada por las políticas económicas de sustitución de importaciones, no han logrado posicionar todavía al stock de bienes durables y maquinarias en general en niveles compatibles con los correspondientes a la evolución de los indicadores de actividad económica.

El análisis de los datos históricos de actividad exhibida por la compañía a lo largo del período de estudio ha proporcionado una evaluación objetiva acerca del desempeño histórico y potencial de la empresa a partir de la reexaminación de las características más sobresalientes del mercado en el cual se desenvuelve, con el objetivo de identificar cuáles capacidades operativas específicas deberían reforzarse, promoverse y desarrollarse, para de esta manera poder transformarse en fuentes de ventajas competitivas sustentables, necesarias para generar una performance diferencial frente a los competidores locales y globales.

Una particularidad muy notable que ha podido desprenderse del análisis de los perfiles de demanda histórica de la compañía, es la aparente aleatoriedad exhibida por los patrones de demanda de productos y servicios, toda vez que si bien las tendencias de los volúmenes físicos agregados y de la evolución de los montos de facturación a mediano plazo reflejan razonablemente las experimentadas por el sector específico, cuando se pretende replicar dicho comportamiento en términos de proyecciones de corto plazo, resulta extremadamente volátil y complejo. El hecho de que los plazos de ejecución de los diferentes productos presenten promedios relativamente extensos y varianzas elevadas complica este panorama, produciendo un desacople entre los momentos en que se verifica la demanda y los de entrega efectiva, lo cual se corrobora a partir de una pobre correlación entre los perfiles de demanda y los de entregas a lo largo de todo el período examinado.

Esa aparente volatilidad en los perfiles de demanda de productos y servicios, parece cooperar muy poco con la creciente necesidad de programar adecuadamente recursos, inversiones y planteles. La experiencia pasada ha jugado un rol importante a la hora de prever requerimientos a futuro; pero hoy en día esta posibilidad parece agotarse frente a entornos cada vez más cambiantes y exigentes, que no dejan lugar a aplicar el juego de la “prueba y error” sin asumir elevados riesgos frente al mercado. Es en este sentido que se ha optado por la aplicación de las herramientas provistas por la simulación dinámica, las que se presentan como una alternativa muy poderosa y valiosa para evaluar el impacto de decisiones a implementarse frente a la ocurrencia de eventuales escenarios más o menos favorables.

El modelo desarrollado a través del trabajo ha permitido establecer, a partir de la definición de indicadores normalizados de actividad para la compañía, y de una

adecuada segmentación del portafolio de productos y servicios ofrecidos por la misma, segregar los perfiles de actividad y de esa manera, poder delinear comportamientos mucho más definidos para cada uno de los segmentos. El análisis complementario de la evolución de los ciclos de vida de los diferentes productos, y de la extensión de la cadena de valor del negocio – integrando funciones y capacidades no tradicionales -, ha contribuido a visualizar la consolidación de las tendencias experimentadas por las distintas categorías de productos y servicios en los períodos históricos recientes, y al mismo tiempo identificar los segmentos más convenientes y desafiantes hacia los cuales la empresa espera dirigir estratégicamente los esfuerzos y alocar los principales recursos materiales y humanos.

La posterior sub-partición de cada uno de los segmentos en los que se ha dividido el portafolio de productos y servicios en sub-categorías por atributo de tamaño relativo, y el análisis de las distribuciones de frecuencia de dichas sub-categorías dentro de cada segmento, han permitido construir las correspondientes curvas de demanda para cada sub-categoría, las cuales pudieron ser convenientemente traducidas a ecuaciones analíticas mediante la utilización de técnicas adecuadas de selección de funciones y parámetros de mejor ajuste (“*best fit*”).

A los efectos del planteo de los escenarios de referencia sobre los que se habría de correr el modelo de optimización de demanda de carga de producción, se ha procedido a considerar las estimaciones de evolución de los indicadores a nivel macroeconómico extraídos de informes de coyuntura elaborados por organismos oficiales, cámaras empresariales del sector y fundaciones especializadas en estudios económicos. En función de dichas estimaciones, se han elaborado escenarios esperados, de mínima y de máxima, que permiten acotar los rangos de evolución de los niveles de actividad previstos para los períodos proyectados.

Sobre la base de dichos escenarios, y utilizando las herramientas especializadas para simulación *CB Predictor* provistas por el software “*Crystal Ball*” de ORACLE®, para la proyección de series de datos, se pudieron determinar los niveles de demanda compatibles con dichos escenarios, en forma agregada y segmentada por categorías. Adicionalmente se han aplicado distribuciones de frecuencia por modelos para traducir cada proyección en términos de requerimientos específicos de los diferentes modelos disponibles para cada sub-categoría, dentro de cada segmento particular del portafolio.

A los efectos de proveer un nivel razonable de confiabilidad para las proyecciones obtenidas, se ha considerado procedente iterar repetidamente las corridas para cada escenario, de manera tal que los resultados del modelo de optimización pudieran ser corroborados bajo diferentes combinaciones posibles de demanda agregada.

Las técnicas y herramientas provistas por la programación de operaciones y el sistema de producción MRP han mostrado ser especialmente útiles para desarrollar el modelo de optimización de la planificación de requerimientos de capacidad (CRP), para así poder mejorar la productividad de la estructura operativa y la eficiencia de la compañía a la hora de cumplir con sus compromisos asumidos. Se definieron indicadores específicos de performance, basados en apreciación del nivel calidad de servicio derivada del cumplimiento de los plazos de entrega previstos, y de los factores de ocupación de los recursos críticos.

El planteo del problema de planeación agregada se efectuó a partir de la definición de los correspondientes Programas Maestros de Producción para cada corrida, alimentados por la información proveniente del detalle de los requerimientos de cada artículo o producto programado en los mismos, los respectivos diagramas de estructura por modelos, diagramas de sistema productivo, y esquemas de explosión o despiece. La información complementaria a partir de la descripción de componentes, cantidades, subconjuntos y origen, la determinación de las estructuras de los productos por niveles y precedentes, y la definición de los diagramas de flujo con sus procesos y duraciones estándar de cada uno, ajustadas por los efectos de agregación por tamaño de lote, permitieron delinear los correspondientes planes de requerimientos de capacidad, cuya optimización se encuadra dentro de lo que se conoce como “problema de taller mecánico para tareas múltiples” o “*n/m job-shop scheduling problem*”.

Dado que el desarrollo matemático de modelos que repliquen la complejidad del ambiente productivo, admitiendo el manejo de cuantiosas variable, y que permitan plantear funciones objetivos optimizables bajo condiciones cambiantes, es extremadamente dificultoso, y más aún lo es la comprobación de los resultados obtenidos, la conjugación del planteo de combinaciones de eventos mediante las simulaciones, junto con la utilización de algoritmos heurísticos para arribar a soluciones cuasi-óptimas, ha permitido jugar con variaciones simultáneas de diversos parámetros operativos, tales como cantidad y variedad de recursos (cantidad de puestos de trabajo disponibles, horas disponibles para la jornada de trabajo, incorporación de proveedores externos, etc.), disciplinas de secuenciación y priorización de actividades. Y la validación de resultados a partir de iteraciones múltiples provee una metodología efectiva para asegurar un nivel razonable de confiabilidad respecto de las conclusiones derivadas.

Los indicadores de performance derivados de la relación de tiempos de flujo efectivos vs. teóricos y plazos de entrega efectivos vs. teóricos, han evidenciado que las disciplinas de secuenciación basadas en la priorización de las fechas más próximas de vencimiento ajustadas por razones de criticidad resultan ser más efectivas que las basadas en la duración de los eventos individuales para todos los procesos integrales de fabricación de equipos, mientras que para los ítems relacionados con servicios (partes, repuestos y reparaciones), las estrategias que priorizan los eventos de menor duración, permiten optimizar la utilización de los recursos destinados a tales segmentos, minimizando los retrasos promedios y los tiempos reales de prestación.

Los resultados obtenidos para las sucesivas corridas bajo los diferentes escenarios exhibieron una fuerte dispersión de los valores de los indicadores de calidad de servicio cuando la demanda prevista se intensifica, lo que pone de manifiesto una limitación de la capacidad de respuesta de la estructura operativa de la empresa a absorber incrementos significativos de actividad. Sin embargo, el modelo permite observar los efectos positivos derivados del balanceo de la línea mediante la reasignación de puestos, recursos y tareas, llevando los porcentajes de ocupación efectiva a niveles razonables, lo que permite corregir los cuellos de botella operativos y aumentar la productividad global de la línea.

La principal ventaja de las herramientas aplicadas a lo largo del presente trabajo radica en que las mismas permiten anticiparse a los requerimientos operativos tanto como el analista lo desee, y sin asumir riesgos ni costos innecesarios, siendo que los períodos

abarcados por las proyecciones pueden ser anuales, trimestrales o aún mensuales, transformándose de este modo en una instrumento prospectivo de horizonte progresivo, lo cual permite ajustar los programas de acuerdo con las necesidades identificadas en las corridas de respaldo. Si bien a los fines de los objetivos planteados por el trabajo, se extendió el alcance de las proyecciones a un año vista a partir del último período con información disponible, el modelo permitiría realimentar con una frecuencia adecuada los datos derivados de los pedidos pendientes y de la demanda esperada (basada en los proyectos en cartera y los pedidos de cotizaciones vigentes), de tal manera de prever las necesidades de adecuación de la estructura operativa antes de que se manifiesten los efectos de las restricciones de capacidad, evitando así la afectación de los niveles de calidad de servicio, de la productividad de los factores productivos y de la rentabilidad de la compañía.

El trabajo ha despertado el desafío de adentrarse en la enorme potencialidad que las técnicas utilizadas presentan para empresas tradicionalmente no demasiado proclives a aceptarlas como viables, sea por su aparente complejidad, o sea por su desconocimiento.

Al poder enfrentarse las principales fuentes de incertidumbre dentro de las diversas áreas de la empresa (demanda, requerimientos de capacidad, recursos y materiales, determinación de los tiempos de fabricación, fijación de los plazos de entrega, asignación de prioridades a los pedidos de los clientes, determinación de niveles de inventario óptimo de partes, semielaborados y productos terminados, etc.), se facilita el proceso de toma de decisiones y se reduce sensiblemente la necesidad de recurrir a soluciones de emergencia que distan de ser óptimas.

Desde mi punto de vista, abrir esta perspectiva más allá del corto plazo permitirá desarrollar habilidades e iniciativas estratégicas diferenciales que seguramente tendrán impacto visible y se traducirán en competencias fundamentales para situar a la compañía en posiciones de liderazgo de manera sustentable, a través de propuestas de valor superiores para el mercado.

Sección 9 - Bibliografía y referencias

- ADIMRA, Departamento de Estudios Económicos - Comportamientos empresariales y demandas de políticas en el sector metalúrgico argentino; Buenos Aires (2009)
- Bedny G., Karwowsky W., Kwon Y. - A Methodology for Systemic-Structural Analysis and Design of Manual-Based Manufacturing Operations; en Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, Vol. 11 (3) p. 233-253; John Wiley & Sons, Inc. (2001)
- Cachon and Terwiesch - Matching Supply with Demand: An Introduction to Operations Management; McGraw-Hill / Irwin (2008)
- Companys, Ramón y D' Armas Mayra - Programación de operaciones con tiempos de preparación mediante algoritmos de optimización local; UCT, Vol. 9 (35) (2005) p. 155-162
- Conway R. W., Maxwell W. L. and Miller L. W. - Theory of Scheduling; Addison and Wesley (1967)
- David Simchi-Levi, Philip Kaminsky and Edith Simchi-Levi - Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Cases, 3rd Edition; McGraw-Hill / Irwin (2008)
- Eppen G. D. - Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa, 5ta Edición; Prentice-Hall, México (2000)
- Estimación del Stock de Capital Fijo de la República Argentina, 1990-2003 - Dirección Nacional de Cuentas Nacionales, INDEC; Buenos Aires (2004)
- INDEC - Información sobre Cuentas Nacionales (2010), en <http://www.indec.gov.ar>
- Jacobs, Chase and Aquilano - Operations and Supply Management, 12th Edition; McGraw-Hill / Irwin (2009)
- Law Averill M. and Kelton David - Simulation Modeling and Analysis, 3rd Edition; McGraw Hill, Boston (2000)
- Nahmias Steven - Análisis de la producción y las operaciones, 5ta Edición; McGraw-Hill (2007)
- Pinedo M. - Scheduling: Theory, Algorithms and Systems; Prentice Hall, Englewood Cliffs (1995), p. 11-22
- Steele, D. C. - "The Nervous MRP System: How to Do Battle"; Journal of Production and Inventory Management, Vol. 16 (1975), p. 83-89
- Swamidass Paul M. - Encyclopedia of Production and Manufacturing Management; Kluwer Academic Publishers (2000)
- Vollman Thomas E., Berry William L. and Whybark D. Clay - Manufacturing Planning & Control Systems, 4th Edition; McGraw-Hill (1997)

Anexos

- Anexo 1.1 - Composición del Stock de Capital (Junio de 2004) (p. 103)**
- Anexo 2.1 - Índice de Precios Internos al por Mayor (IPIM) - Años 2001-2010
Base 2001 = 100 (p. 104)**
- Anexo 5.1 – Análisis de bondad de ajuste para las series de IFN totales y por categoría
(p. 105)**
- Anexo 5.2 – Análisis de bondad de ajuste para las series de IDN totales y por categoría (p.
107)**
- Anexo 5.3 – Selección de curvas de distribución por análisis de bondad de ajuste
(prueba Anderson-Darling) para las distribuciones de frecuencia de
ocurrencia por volumen, para cada categoría (p. 109)**
- Anexo 5.4 – Resultados de las corridas de simulación – Matriz de eventos (p. 112)**
- Anexo 5.5 – Resultados de la asignación de artículos a los registros de la matriz de
eventos simulada – Resumen de eventos (p. 114)**
- Anexo 6.1 – Resultados de la asignación de artículos a los registros de la matriz de
eventos simulada – Programa Maestro de Producción (MPS) (p. 115)**
- Anexo 6.2 – Diagrama de estructura por modelos para cada categoría (p. 117)**
- Anexo 6.3 – Diagrama de sistema productivo (PST) por modelos para cada evento (p.
120)**
- Anexo 6.4 – Diagrama de Gantt unitario (para cada evento) (p. 123)**
- Anexo 6.5 – Detalle de equipos y/o puestos de trabajo y asignación por modelos y
artículos (p. 124)**
- Anexo 7.1 – Carga acumulada de trabajo por equipo y/o puesto, para todos los
escenarios (p. 125)**
- Anexo 7.2 – Matriz de tareas y operaciones programadas con sus tiempos de ejecución
asignados de acuerdo con las reglas de secuenciación predeterminadas (p.
128)**
- Anexo 7.3 – Diagramas de Gantt integrales para todas las tareas programadas,
diferenciados por reglas de secuenciación (p. 130)**
- Anexo 7.4 – Matriz de eventos con tiempos de ejecución totales asignados de acuerdo con
las reglas de secuenciación predeterminadas, para todos los escenarios (p.
138)**

Anexo 1.1 - Composición del Stock de Capital (Junio de 2004)

Stock de capital. Año base, 1993

Stock de capital	Nacional	Importado	Total
<i>Miles de pesos</i>			
Total			543.164.234 ← 4,6%
Equipo durable (1)	98.608.818	30.893.495	129.502.313 ← 19,2%
Maquinaria y equipo	80.375.148	23.272.951	103.648.099 ← 23,9%
281 Fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos y generadores de vapor	6.593.664	174.971	6.768.635
289 Fabricación de otros productos elaborados de metal	5.303.354	660.928	5.964.282
291 Fabricación de maquinaria de uso general	27.863.385	4.655.744	32.519.129
292 Fabricación de maquinaria de uso especial	16.044.025	8.774.551	24.818.576
293 Fabricación de aparatos de uso doméstico n.c.p	245.519	184.046	429.565
300 Fabricación de maquinaria de oficina, cont. e informática	1.254.992	2.207.416	3.462.408
31 Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos n.c.p.	7.221.563	1.691.789	8.913.352
32 Fabricación de equipos y aparatos de radio, televisión y comunicaciones	4.461.153	2.077.063	6.538.215
33 Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión	7.572.584	2.797.401	10.369.985
36 Fabricación de muebles; Industrias Manufactureras ncp.	3.814.910	49.043	3.863.953
Material de transporte	18.233.670	7.620.544	25.854.214
341 Fabricación de vehículos automotores	10.033.206	4.218.468	14.251.674
342 Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; fabricación remolques y semiremolques*	3.300.985	106.276	3.407.261
343 Fabricación de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores y sus motores	1.037.438	15.220	1.052.658
35 Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	3.862.040	3.280.581	7.142.621
Construcción (2)			395.881.478
Residencial			189.210.014
Stock de Univiendas			120.988.509
Stock de Multiviendas			67.000.158
Stock de Deficitarias			1.221.346
No residencial			206.671.464
Construcción No Residencial Privada			90.157.909
Construcción No Residencial Pública			116.513.555
Activos cultivados (2)			17.780.443
Ganadero			8.086.814
Bovinos			6.133.323
Ovinos			282.867
Caprinos			69.044
Porcinos			286.169
Equinos			1.315.412
Construcciones agropecuarias			9.393.086
Silos, Galpones y Tinglados			2.202.579
Plantaciones Permanentes (Cultivos Industriales y Frutales, Horticolas y Pasturas)			5.442.027
Alambrados			1.459.067
Desmonte y Sistematización de Tierras			275.782
Invernáculos			13.631
Otros			300.542
Colmenas			54.894
Aves para Reproducción (y sus galpones)			245.648

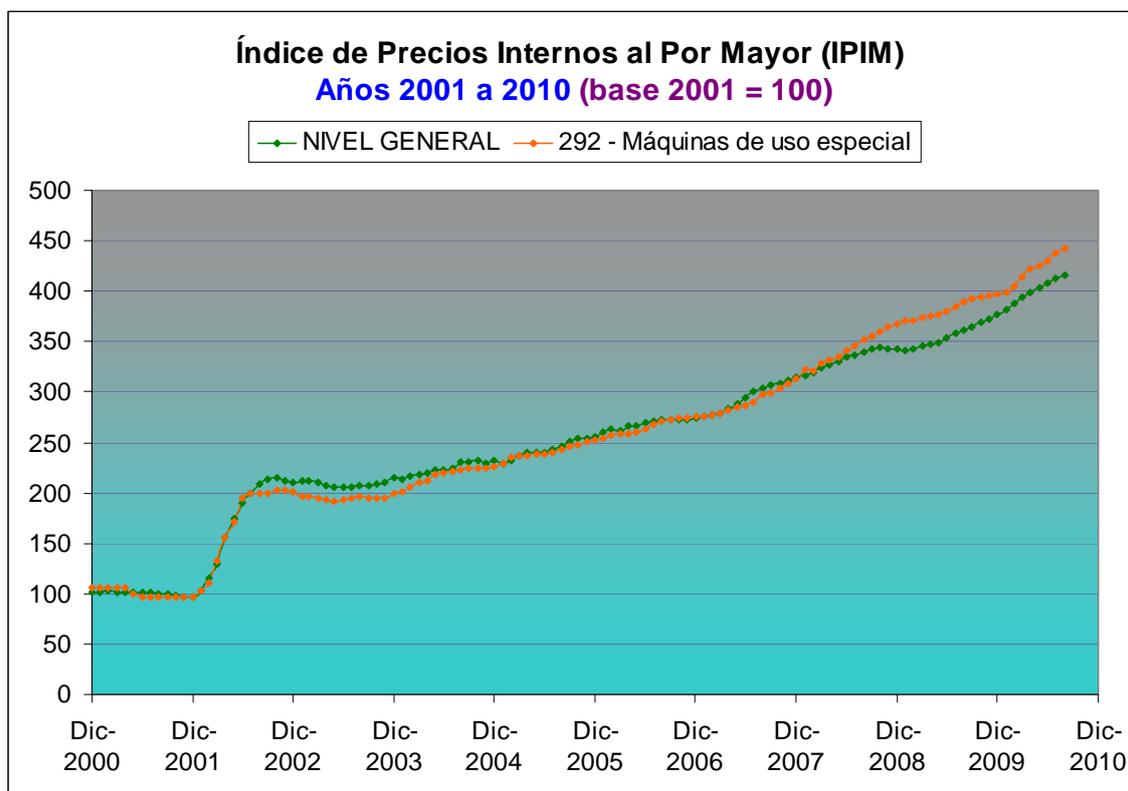
(1) MIP-Geométrico excepto:
29211, 29219, 34100 y 35300 por VH

(2) VH excepto Construcción Pública No Residencial
Incluye además las siguientes tipologías incluidas en ramas 292, 341 y 35:

29211 Fabricación de tractores	1.808.182
29219 Fabricación de maquinaria agropecuaria y forestal, excepto tractores	2.398.079
34100 Fabricación de vehículos automotores	14.251.674
35300 Fabricación de aeronaves	1.772.476

Fuente. DNCN-INDEC: PROYECTO BID-UNPRE ESTUDIO 1.EE.88: "La Riqueza Nacional en Argentina"

Junio de 2004

Anexo 2.1 - Índice de Precios Internos al por Mayor (IPIM) - Años 2001-2010
Base 2001 = 100

Fuente: INDEC – Sistema de Índices de Precios Mayoristas (SIPM)

Anexo 5.1 – Análisis de bondad de ajuste para las series de IFN totales y por categoría
 Método “CB Predictor” de “Crystal Ball” de ORACLE® v11.1.1.1.00

Tabla A 5.1.1 – Data base correspondiente al período 2001-2010

Lineal regresion (2001-2010 and forecasted 2011)												
(only Data)												
	pendiente	intersección	proy. 2006	proy. 2010	real 2001	real 2006	real 2010	crec. anual	crec. anual	crec. anual		
	m	b	f	f	r1	r6	r10	prom. 2001-05	prom. 2006-10	prom. 2001-10		
IFN USS (2001)	1,18175	54,82581	139,91160	196,63545	100,00000	118,15885	181,50544	3,4%	11,3%	6,8%		
IFN \$ (2001)	0,77208	92,20889	147,79833	184,85795	100,00000	135,92869	162,94696	6,3%	4,6%	5,6%		
ABCD	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#DIV/0!				
A	0,08875	23,84171	30,23197	34,49215	20,07680	43,66088	25,29247		-12,8%			
B	0,01683	2,59159	3,80317	4,61090	2,48993	3,30090	4,48136		7,9%			
C	0,27109	29,01609	48,53433	61,54649	30,17966	30,38051	56,14255		16,6%			
D	0,08312	11,06281	17,04713	21,03667	10,74466	11,82581	18,60396		12,0%			
E	0,31229	25,69669	48,18172	63,17174	36,50895	46,76059	58,42662	5,1%	5,7%	5,4%		
IFN = (ABCDE)	0,77208	92,20889	147,79833	184,85795	100,00000	135,92869	162,94696	6,3%	4,6%	5,6%		
Seasonal Methods (Fitted & Forecast)						Seasonal Methods (only Fitted)						
IFN USS (2001)	1,40550	26,69661		195,35602	-0,7% x		IFN USS (2001)	1,50760	22,48786		203,39952	3,4%
IFN \$ (2001)	1,08522	54,01738		184,24406	-0,3% x		IFN \$ (2001)	1,23113	47,93085		195,66628	5,8%
ABCD	0,00000	0,00000		0,00000			ABCD	0,00000	0,00000		0,00000	
A	0,18533	13,94473		36,18429	4,9%		A	0,23601	11,81447		40,13551	16,4%
B	0,02219	1,62797		4,29027	-7,0%		B	0,02528	1,50002		4,53392	-1,7% x
C	0,33195	17,88085		57,71457	-6,2%		C	0,36276	16,64247		60,17365	-2,2% x
D	0,10964	6,67220		19,82937	-5,7%		D	0,12374	6,08210		20,93057	-0,5% x
E	0,40476	14,18384		62,75538	-0,7% x		E	0,46097	11,60226		67,11882	6,2%
IFN = (ABCDE)	1,05387	54,30960		180,77388	-2,2%		IFN = (ABCDE)	1,20876	47,64131		192,89247	4,3%
Nonseasonal Methods (Fitted & Forecast)						Nonseasonal Methods (only Fitted)						
IFN USS (2001)	1,22379	45,99171		192,84710	-1,9%		IFN USS (2001)	1,21050	46,54965		191,80958	-2,5%
IFN \$ (2001)	0,78419	87,37882		181,48177	-1,8%		IFN \$ (2001)	0,95935	79,94839		195,07043	5,5%
ABCD	0,00000	0,00000		0,00000			ABCD	0,00000	0,00000		0,00000	
A	0,10999	21,91045		35,10904	1,8% x		A	0,16965	19,37929		39,73760	15,2%
B	0,01706	2,47828		4,52541	-1,9%		B	0,01686	2,48760		4,51054	-2,2%
C	0,39359	18,03749		65,26804	6,0%		C	0,41380	17,18064		66,83629	8,6%
D	0,13642	6,22375		22,59386	7,4%		D	0,14913	5,68481		23,58046	12,1%
E	0,27208	26,49010		59,13977	-6,4%		E	0,30351	25,15525		61,57623	-2,5%
IFN = (ABCDE)	0,92913	75,14007		186,63612	1,0% x		IFN = (ABCDE)	1,05295	69,88760		196,24112	6,2%
Best Method (Fitted & Forecast)												
IFN USS (2001)	1,40550	26,69661		195,35602	-0,7%							
IFN \$ (2001)	1,08522	54,01738		184,24406	-0,3%							
ABCD	0,00000	0,00000		0,00000								
A	0,10999	21,91045		35,10904	1,8%							
B	0,02528	1,50002		4,53392	-1,7%							
C	0,36276	16,64247		60,17365	-2,2%							
D	0,12374	6,08210		20,93057	-0,5%							
E	0,40476	14,18384		62,75538	-0,7%							
IFN = (ABCDE)	1,02653	60,31888		183,50256	-0,7%							

Methods Table (01-10sz) for Hoja1 (IFN)

Created: 19/12/2010 at 13:19:55

Series	IFN \$ (2001) ▾									
Table Items ▾										
Methods	Rank	RMSE	MAD	MAPE	Durbin-Watson	Theil's U	Alpha	Gamma		
Seasonal Additive	1	58,975	46,654	43,084	2,02	0,756	0,061	0,265		
Seasonal Multiplicative	2	59,092	46,764	43,216	2,055	0,744	0,043	0,283		

Methods Table (01-10nsz) for Hoja1 (IFN)

Created: 19/12/2010 at 13:33:33

Series	IFN \$ (2001) ▾									
Table Items ▾										
Methods	Rank	RMSE	MAD	MAPE	Durbin-Watson	Theil's U	Periods	Alpha	Beta	
Double Exponential Smoothing	1	56,233	44,918	44,563	1,827	0,665		0,01	0,497	
Double Moving Average	2	85,901	68,13	60,442	2,133	1,105	3			

Tabla A 5.1.2 – Data base correspondiente al período 2006-2010

Lineal regresion (2006-2010 and forecasted 2011)										
(only Data)										
	pendiente	intersección	proy. 2010	real 2001	real 2006	real 2010	crec. anual	crec. anual	crec. anual	
	m	b	f	r1	r6	r10	prom. 2001-05	prom. 2006-10	prom. 2001-10	
IFN USS (2001)	1,19548	55,36566	127,09419	100,00000	118,15885	181,50544	3,4%	11,3%	6,8%	
IFN \$ (2001)	0,43723	121,80716	148,04126	100,00000	135,92869	162,94696	6,3%	4,6%	5,6%	
ABCD	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#DIV/0!			
A	-0,23521	53,50495	39,39226	20,07680	43,66088	25,29247		-12,8%		
B	0,02003	2,15679	3,35855	2,48993	3,30090	4,48136		7,9%		
C	0,44672	11,01458	37,81801	30,17966	30,38051	56,14255		16,6%		
D	0,06748	12,05207	16,10062	10,74466	11,82581	18,60396		12,0%		
E	0,13822	43,07877	51,37181	36,50895	46,76059	58,42662	5,1%	5,7%	5,4%	
IFN = (ABCD E)	0,43723	121,80716	148,04126	100,00000	135,92869	162,94696	6,3%	4,6%	5,6%	
Seasonal Methods (Fitted & Forecast)										
IFN USS (2001)	2,49860	47,92357	197,83958	55,7% x		IFN USS (2001)	3,19835	32,78282	224,68407	76,8%
IFN \$ (2001)	2,17237	52,46185	182,80382	23,5%		IFN \$ (2001)	2,97581	34,99468	213,54324	44,2%
ABCD	0,00000	0,00000	0,00000			ABCD	0,00000	0,00000	0,00000	
A	0,26268	18,54513	34,30607	-12,9%		A	0,45717	14,26348	41,69367	5,8% x
B	0,05596	1,19829	4,55614	35,7% x		B	0,06982	0,91185	5,10111	51,9%
C	0,83270	10,37985	60,34198	59,6% x		C	1,06272	5,53274	69,29595	83,2%
D	0,25365	4,02863	19,24761	19,5% x		D	0,32962	2,37021	22,14715	37,6%
E	0,71554	19,73944	62,67203	22,0%		E	0,99794	13,50382	73,38006	42,8%
IFN = (ABCD E)	2,12054	53,89134	181,12385	22,3%		IFN = (ABCD E)	2,91726	36,58209	211,61793	42,9%
Nonseasonal Methods (Fitted & Forecast)										
IFN USS (2001)	1,72161	98,35108	201,64789	58,7%		IFN USS (2001)	1,83927	95,69631	206,05273	62,1%
IFN \$ (2001)	1,06018	115,70681	179,31740	21,1% x		IFN \$ (2001)	1,24529	111,55868	186,27627	25,8%
ABCD	0,00000	0,00000	0,00000			ABCD	0,00000	0,00000	0,00000	
A	0,04374	27,80496	30,42920	-22,8%		A	0,11002	26,33358	32,93449	-16,4%
B	0,04659	2,00227	4,79741	42,8%		B	0,04712	1,99053	4,81764	43,4%
C	0,75587	20,83925	66,19127	75,0%		C	0,83778	19,00771	69,27444	83,2%
D	0,19408	8,83112	20,47604	27,2%		D	0,22878	8,05459	21,78158	35,3%
E	0,12462	48,11458	55,59205	8,2% x		E	0,17754	46,93323	57,58668	12,1%
IFN = (ABCD E)	1,16490	107,59218	177,48597	19,9% x		IFN = (ABCD E)	1,40124	102,31965	186,39384	25,9%
Best Method (Fitted & Forecast)										
IFN USS (2001)	2,49860	47,92357	197,83958	55,7%						
IFN \$ (2001)	1,06018	115,70681	179,31740	21,1%						
ABCD	0,00000	0,00000	0,00000							
A	0,45717	14,26348	41,69367	5,8%						
B	0,05596	1,19829	4,55614	35,7%						
C	0,83270	10,37985	60,34198	59,6%						
D	0,25365	4,02863	19,24761	19,5%						
E	0,12462	48,11458	55,59205	8,2%						
IFN = (ABCD E)	1,72411	77,98483	181,43147	22,6%						

Methods Table (06-10sz) for Hoja1 (IFN)

Created: 19/12/2010 at 15:49:48

Series	ColumnF									
		Table Items								
Methods	Rank	RMSE	MAD	MAPE	Durbin-Watson	Theil's U	Alpha	Gamma		
Seasonal Additive	1	73,655	58,026	39,075	1,957	0,856	0,006	0,539		
Seasonal Multiplicative	2	73,794	58,126	39,03	1,949	0,857	0,001	0,543		

Methods Table (06-10nsz) for Hoja1 (IFN)

Created: 19/12/2010 at 13:40:25

Series	ColumnF									
		Table Items								
Methods	Rank	RMSE	MAD	MAPE	Durbin-Watson	Theil's U	Periods	Alpha	Beta	
Double Exponential Smoothing	1	66,336	51,243	37,339	2,085	0,736		0,116	0,007	
Double Moving Average	2	102,61	80,288	59,682	2,258	0,962	3			

Anexo 5.2 – Análisis de bondad de ajuste para las series de IDN totales y por categoría
 Método “CB Predictor” de “Crystal Ball” de ORACLE® v11.1.1.1.00

Tabla A 5.2.1 – Data base correspondiente al período 2001-2010

Lineal regresion (2001-2010 and forecasted 2011)												
(only Data)												
	pendiente	intersección	proy. 2006	proy. 2010	real 2001	real 2006	real 2010	crec. anual	crec. anual	crec. anual		
	m	b	f	f	r1	r6	r10	prom. 2001-05	prom. 2006-10	prom. 2001-10		
IDN USS (2001)	1,01454	54,73007	130,82053	177,48935	63,01499	142,81783	171,73395	17,8%	4,7%	11,8%		
IDN \$ (2001)	0,68624	96,82970	148,29738	179,86423	76,55444	174,31334	165,53138	17,9%	-1,3%	8,9%		
ABCD	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#DIV/0!				
A	0,07067	24,25569	29,55584	32,80660	13,25712	43,15882	24,80689	26,6%	-12,9%	7,2%		
B	0,01697	2,50400	3,77652	4,55700	1,63334	3,73852	3,75270	18,0%	0,1%	9,7%		
C	0,21891	32,58929	49,00040	59,08588	21,16769	51,05344	58,17971	19,3%	3,3%	11,9%		
D	0,06567	12,18359	17,10875	20,12952	7,47187	25,19304	20,82770	27,5%	-4,6%	12,1%		
E	0,31412	25,29713	48,85588	63,30524	33,02442	51,16952	57,96437	9,2%	3,2%	6,5%		
IFN = (ABCDE)	0,68624	96,82970	148,29738	179,86423	76,55444	174,31334	165,53138	17,9%	-1,3%	8,9%		
Seasonal Methods (Fitted & Forecast)						Seasonal Methods (only Fitted)						
IDN USS (2001)	1,24584	24,84229		175,58878	-1,1% x	IDN USS (2001)	1,30922	22,11615		180,53126	1,7%	
IDN \$ (2001)	1,00933	57,83108		179,96050	0,1% x	IDN \$ (2001)	1,14867	51,86787		190,85634	6,1%	
ABCD	0,00000	0,00000		0,00000		ABCD	0,00000	0,00000		0,00000		
A	0,16701	14,68503		34,89331	6,4%	A	0,21929	12,44891		38,98319	18,8%	
B	0,02092	1,58670		4,11808	-9,6%	B	0,02266	1,51120		4,25362	-6,7% x	
C	0,27949	20,47598		54,29432	-8,1%	C	0,30134	19,52358		55,98592	-5,2% x	
D	0,09307	7,63111		18,89305	-6,1%	D	0,10426	7,15958		19,77540	-1,8% x	
E	0,39873	15,04997		63,29622	0,0% x	E	0,45366	12,71291		67,60583	6,8%	
IFN = (ABCDE)	0,95922	59,42880		175,49499	-2,4% x	IFN = (ABCDE)	1,10122	53,35619		186,60396	3,7%	
Nonseasonal Methods (Fitted & Forecast)						Nonseasonal Methods (only Fitted)						
IDN USS (2001)	0,97614	53,48770		171,60027	-3,3%	IDN USS (2001)	0,95092	54,54673		169,60810	-4,4%	
IDN \$ (2001)	0,63145	95,28112		171,68631	-4,5%	IDN \$ (2001)	0,69256	92,66352		176,46344	-1,9%	
ABCD	0,00000	0,00000		0,00000		ABCD	0,00000	0,00000		0,00000		
A	0,05574	24,72404		31,46873	-4,1% x	A	0,09498	23,04903		34,54204	5,3%	
B	0,00537	3,22478		3,87410	-15,0%	B	0,00494	3,24304		3,84028	-15,7%	
C	0,10919	38,73055		51,94215	-12,1%	C	0,10421	38,94079		51,55042	-12,7%	
D	0,01210	15,95863		17,42301	-13,4%	D	0,01197	15,96393		17,41267	-13,5%	
E	0,30950	22,88145		60,33143	-4,7%	E	0,34246	21,47066		62,90841	-0,6%	
IFN = (ABCDE)	0,49190	105,51946		165,03942	-8,2%	IFN = (ABCDE)	0,55856	102,66744		170,25371	-5,3%	
Best Method (Fitted & Forecast)												
IDN USS (2001)	1,24584	24,84229		175,58878	-1,1%							
IDN \$ (2001)	1,00933	57,83108		179,96050	0,1%							
ABCD	0,00000	0,00000		0,00000	-100,0%							
A	0,05574	24,72404		31,46873	-4,1%							
B	0,02266	1,51120		4,25362	-6,7%							
C	0,30134	19,52358		55,98592	-5,2%							
D	0,10426	7,15958		19,77540	-1,8%							
E	0,39873	15,04997		63,29622	0,0%							
IFN = (ABCDE)	0,88274	67,96838		174,77989	-2,8%							

Methods Table (01-10sz) for Hoja1 (IDN)

Created: 19/12/2010 at 20:09:13

Series	IDN \$ (2001)								
	Table Items								
Methods	Rank	RMSE	MAD	MAPE	Durbin-Watson	Theil's U	Alpha	Gamma	
Seasonal Additive	1	77,042	58,857	76,882	1,745	1,655	0,055	0,201	
Seasonal Multiplicative	2	77,274	59,303	79,94	1,771	1,663	0,032	0,217	

Methods Table (01-10nsz) for Hoja1 (IDN)

Created: 19/12/2010 at 20:20:24

Series	IDN \$ (2001)								
	Table Items								
Methods	Rank	RMSE	MAD	MAPE	Durbin-Watson	Theil's U	Periods	Alpha	Beta
Double Exponential Smoothing	1	65,694	51,636	63,107	1,941	1,135		0,122	0,001
Double Moving Average	2	87,134	67,184	65,674	2,194	1,011	3		

Tabla A 5.2.2 – Data base correspondiente al período 2006-2010

Lineal regresion (2006-2010 and forecasted 2011)										
(only Data)										
	pendiente	intersección	proy. 2010	real 2001	real 2006	real 2010	crec. anual	crec. anual	crec. anual	
	m	b	f	r1	r6	r10	prom. 2001-05	prom. 2006-10	prom. 2001-10	
IDN USS (2001)	0,41268	116,12040	140,05579	63,01499	142,81783	171,73395	17,8%	4,7%	11,8%	
IDN \$ (2001)	-0,31361	192,82318	174,63365	76,55444	174,31334	165,53138	17,9%	-1,3%	8,9%	
ABCD	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#DIV/0!			
A	-0,39770	68,79042	45,72376	13,25712	43,15882	24,80689	26,6%	-12,9%	7,2%	
B	0,00897	3,26476	3,78513	1,63334	3,73852	3,75270	18,0%	0,1%	9,7%	
C	0,11726	42,12725	48,92835	21,16769	51,05344	58,17971	19,3%	3,3%	11,9%	
D	-0,05076	23,32689	20,38278	7,47187	25,19304	20,82770	27,5%	-4,6%	12,1%	
E	0,00862	55,31386	55,81364	33,02442	51,16952	57,96437	9,2%	3,2%	6,5%	
IFN = (ABCDE)	-0,31361	192,82318	174,63365	76,55444	174,31334	165,53138	17,9%	-1,3%	8,9%	
Seasonal Methods										
(Fitted & Forecast)										
IDN USS (2001)	2,03586	52,04032	170,12009	21,5%		IDN USS (2001)	2,56907	40,31760	189,32378	35,2%
IDN \$ (2001)	1,89488	71,03413	180,93706	3,6% x		IDN \$ (2001)	2,55126	56,59863	204,57156	17,1%
ABCD	0,00000	0,00000	0,00000			ABCD	0,00000	0,00000	0,00000	
A	0,18527	20,54590	31,29128	-31,6%		A	0,30406	17,85732	35,49264	-22,4% x
B	0,05207	1,43832	4,45828	17,8%		B	0,07276	0,98607	5,20610	37,5%
C	0,69989	18,44036	59,03408	20,7% x		C	0,91878	13,70411	66,99327	36,9%
D	0,20297	9,20951	20,98183	2,9% x		D	0,27177	7,73288	23,49530	15,3%
E	0,70311	19,82413	60,60430	8,6%		E	0,91830	15,11617	68,37777	22,5%
IFN = (ABCDE)	1,84330	69,45823	180,05638	3,1%		IFN = (ABCDE)	2,48566	55,39656	204,53639	17,1%
Nonseasonal Methods										
(Fitted & Forecast)										
IDN USS (2001)	0,36725	135,49195	156,79248	12,0% x		IDN USS (2001)	0,49571	132,66026	161,41152	15,2%
IDN \$ (2001)	-0,58325	179,88244	146,05377	-16,4%		IDN \$ (2001)	-0,39244	175,68206	152,92076	-12,4%
ABCD	0,00000	0,00000	0,00000			ABCD	0,00000	0,00000	0,00000	
A	-0,38400	41,91308	19,64089	-57,0%		A	-0,31606	40,41899	22,08764	-51,7%
B	0,01648	3,47848	4,43418	17,1% x		B	0,04005	2,95867	5,28142	39,5%
C	0,52734	29,35051	59,93634	22,5%		C	0,59964	27,75509	62,53405	27,8%
D	0,12069	11,83942	18,83932	-7,6%		D	0,14003	11,41191	19,53358	-4,2%
E	0,23098	44,74883	58,14545	4,2% x		E	0,30862	43,03742	60,93734	9,2%
IFN = (ABCDE)	0,51148	131,33032	160,99618	-7,8%		IFN = (ABCDE)	0,77228	125,58208	170,37403	-2,4% x
Best Method										
(Fitted & Forecast)										
IDN USS (2001)	0,36725	135,49195	156,79248	12,0%						
IDN \$ (2001)	1,89488	71,03413	180,93706	3,6%						
ABCD	0,00000	0,00000	0,00000	-100,0%						
A	0,30406	17,85732	35,49264	-22,4%						
B	0,01648	3,47848	4,43418	17,1%						
C	0,69989	18,44036	59,03408	20,7%						
D	0,20297	9,20951	20,98183	2,9%						
E	0,23098	44,74883	58,14545	4,2%						
IFN = (ABCDE)	1,45437	93,73451	178,08819	2,0%						

Methods Table (06-10sz) for Hoja1 (IDN)

Created: 19/12/2010 at 20:39:02

Series	ColumnF									
		Table Items								
Methods	Rank	RMSE	MAD	MAPE	Durbin-Watson	Theil's U	Alpha	Gamma		
Seasonal Additive	1	99,777	74,286	53,167		1,905	1,085	0,001	0,462	
Seasonal Multiplicative	2	99,907	74,451	53,356		1,903	1,087	0,001	0,464	

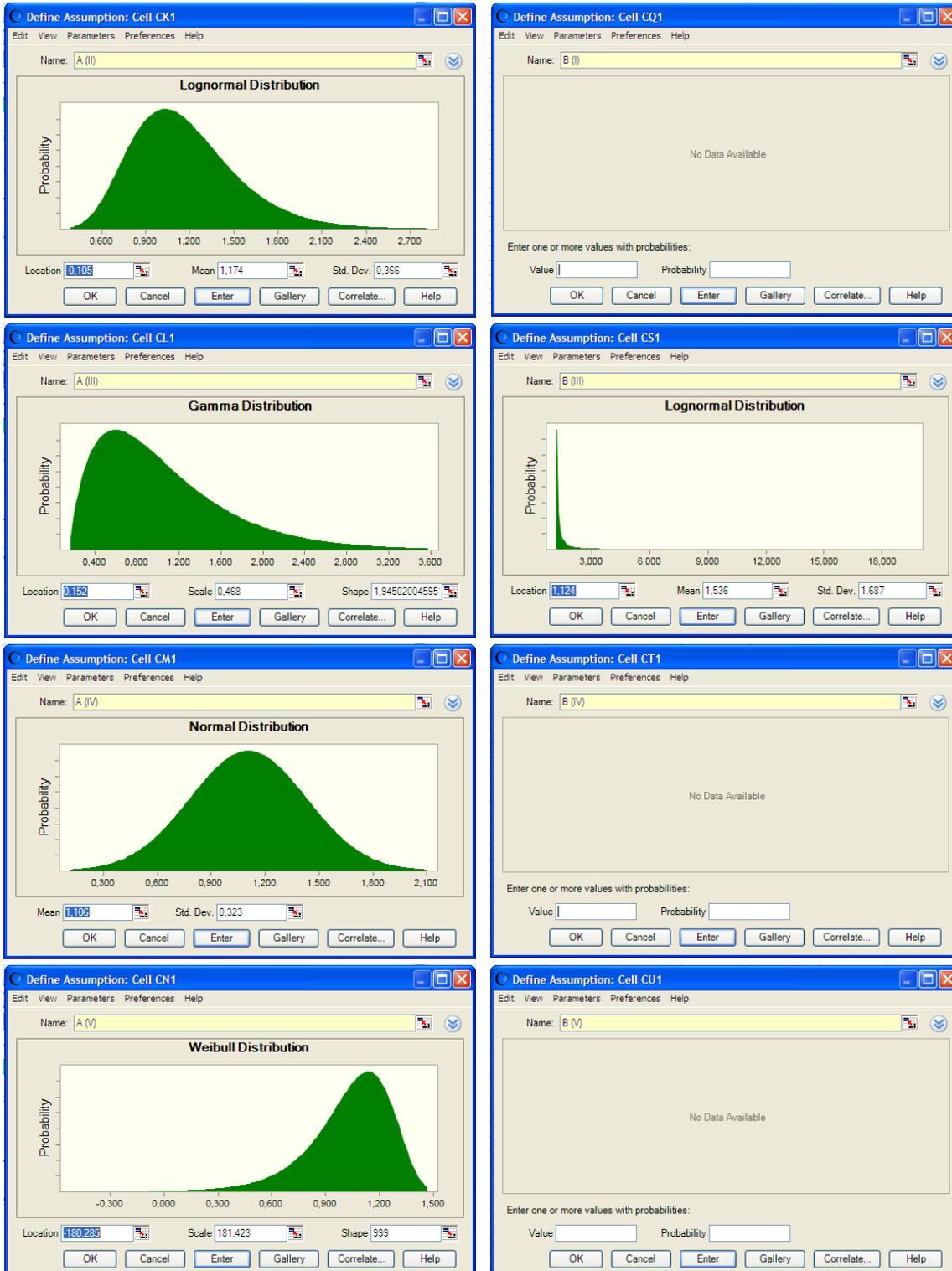
Methods Table (06-10nsz) for Hoja1 (IDN)

Created: 19/12/2010 at 20:49:21

Series	ColumnF									
		Table Items								
Methods	Rank	RMSE	MAD	MAPE	Durbin-Watson	Theil's U	Periods	Alpha	Beta	
Double Exponential Smoothing	1	73,39	59,618	43,789		1,888	0,702	0,003	0,717	
Double Moving Average	2	97,855	74,762	51,997		2,199	0,91	3		

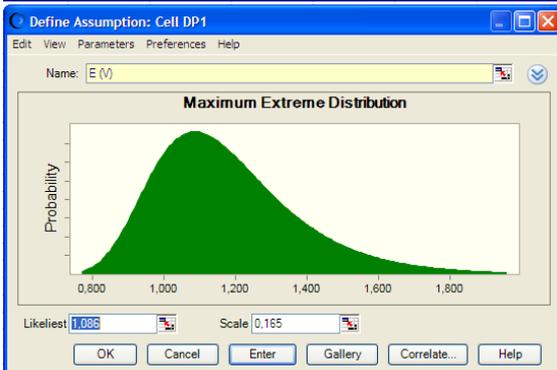
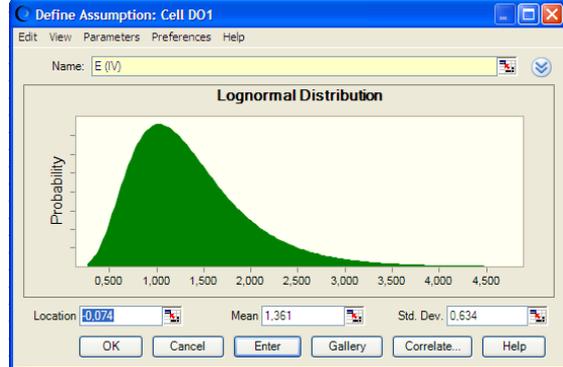
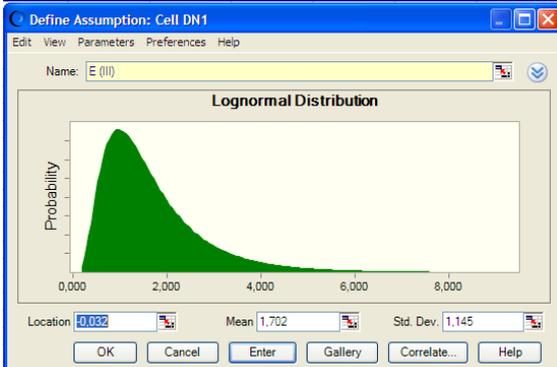
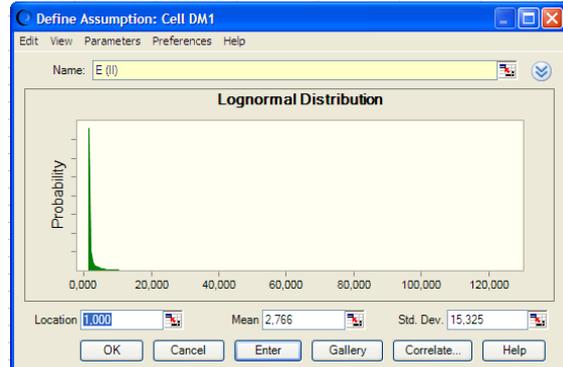
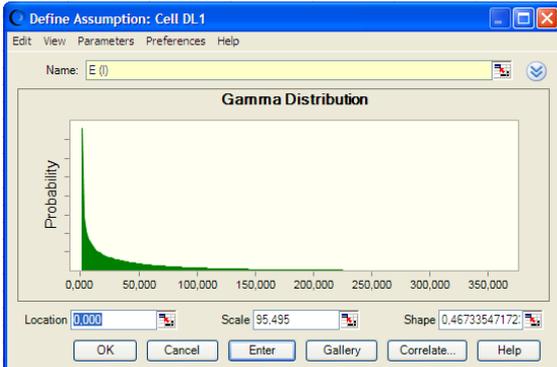
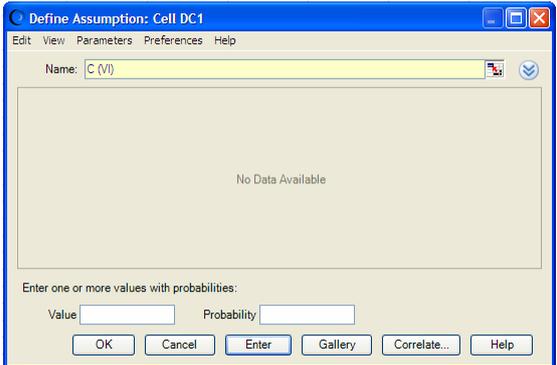
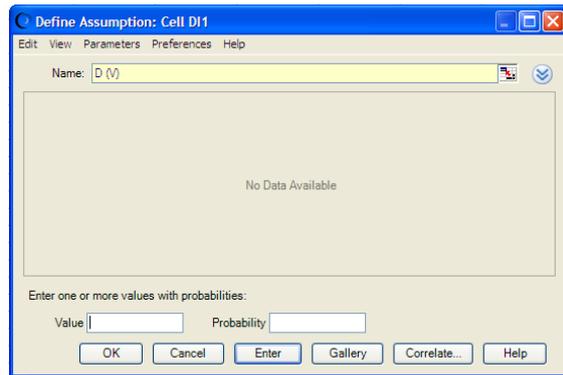
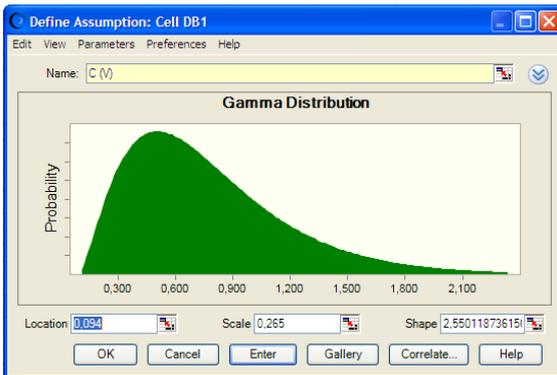
Anexo 5.3 – Selección de curvas de distribución por análisis de bondad de ajuste (prueba Anderson-Darling) para las distribuciones de frecuencia de ocurrencia por volumen, para cada categoría

Método “CB Distributor Fit” de “Crystal Ball” de ORACLE® v11.1.1.1.00



The image displays ten 'Define Assumption' dialog boxes for different cells in a spreadsheet model. Each dialog box includes a title bar, menu options (Edit, View, Parameters, Preferences, Help), a name field, a graph of the distribution, and input fields for parameters. The distributions shown are:

- Cell CV1:** No Data Available.
- Cell CX1:** No Data Available.
- Cell CY1:** Student's t Distribution. Parameters: Midpoint 1.059, Scale 0.425, Deg. Freedom 2.931114.
- Cell DE1:** Lognormal Distribution. Parameters: Location 0.024, Mean 4.604, Std. Dev. 6.367.
- Cell DF1:** Lognormal Distribution. Parameters: Location 0.020, Mean 1.573, Std. Dev. 1.187.
- Cell DG1:** No Data Available.
- Cell DA1:** Weibull Distribution. Parameters: Location 0.476, Scale 1.461, Shape 2.78154794123.
- Cell DH1:** No Data Available.



Anexo 5.4 – Resultados de las corridas de simulación – Matriz de eventos
Ejemplo (i): Escenario Esperado EE11

<u>N° ITERA</u>	<u># RANDOM</u>	<u>→ N° ORDEN</u>	<u>→ N° CATEG.%</u>	<u>→ CATEGORÍA %</u>		
1	63,906%	83	334	E (IV) [0,073%]	E (IV)	0,073%
2	84,502%	84	314	E (II) [0,073%]	E (II)	0,073%
3	83,325%	84	314	E (II) [0,073%]	E (II)	0,073%
4	78,624%	84	314	E (II) [0,073%]	E (II)	0,073%
5	28,419%	76	305	E (I) [0,243%]	E (I)	0,243%
6	80,075%	84	314	E (II) [0,073%]	E (II)	0,073%
7	51,444%	82	324	E (III) [0,073%]	E (III)	0,073%
8	70,456%	83	334	E (IV) [0,073%]	E (IV)	0,073%
9	61,422%	83	334	E (IV) [0,073%]	E (IV)	0,073%
10	36,025%	79	306	E (I) [0,810%]	E (I)	0,810%

<u>N° ITERA</u>	<u>→ N° CATEG.</u>	<u># RANDOM</u>	<u>→ VOL. IT.</u>	<u>→ VOL. ACUM.</u>	<u>→ IFN \$</u>	<u>→ IFN \$ ITEM</u>	<u>→ IFN \$ ACUM.</u>
1	39	8,272%	1,020	1,020	\$ 0,377	\$ 0,384	\$ 0,384
2	37	0,454%	1,000	2,020	\$ 0,130	\$ 0,130	\$ 0,514
3	37	0,340%	1,000	3,021	\$ 0,130	\$ 0,130	\$ 0,644
4	37	96,032%	13,499	16,520	\$ 0,147	\$ 1,979	\$ 2,623
5	36	92,248%	122,709	139,229	\$ 0,017	\$ 2,074	\$ 4,698
6	37	30,585%	1,081	140,310	\$ 0,130	\$ 0,140	\$ 4,838
7	38	86,174%	2,417	142,728	\$ 0,267	\$ 0,646	\$ 5,484
8	39	67,844%	1,134	143,862	\$ 0,376	\$ 0,427	\$ 5,911
9	39	49,587%	1,097	144,959	\$ 0,377	\$ 0,413	\$ 6,324
10	36	92,726%	125,643	270,602	\$ 0,017	\$ 2,113	\$ 8,437

<u>N° ITERA</u>	<u>→ VOL. AJ. IT.</u>	<u>→ VOL. ACUM.</u>	<u>→ IFN \$</u>	<u>→ IFN \$ ITEM</u>	<u>→ IFN \$ ACUM.</u>
1	1,000	1,000	\$ 0,384	\$ 0,384	\$ 0,384
2	1,000	2,000	\$ 0,130	\$ 0,130	\$ 0,514
3	1,000	3,000	\$ 0,130	\$ 0,130	\$ 0,644
4	13,000	16,000	\$ 0,152	\$ 1,979	\$ 2,623
5	123,000	139,000	\$ 0,017	\$ 2,071	\$ 4,694
6	1,000	140,000	\$ 0,140	\$ 0,140	\$ 4,834
7	2,000	142,000	\$ 0,317	\$ 0,633	\$ 5,468
8	1,000	143,000	\$ 0,427	\$ 0,427	\$ 5,895
9	1,000	144,000	\$ 0,413	\$ 0,413	\$ 6,308
10	126,000	270,000	\$ 0,017	\$ 2,109	\$ 8,418

(sólo se muestran los primeros 10 eventos de la corrida)

Ejemplo (ii): Escenario Esperado EE12

N° ITERA	# RANDOM	→ N° ORDEN	→ N° CATEG.%	→ CATEGORÍA %		
1	79,878%	84	314	E (II) [0,073%]	E (II)	0,073%
2	10,139%	64	345	E (V) [0,243%]	E (V)	0,243%
3	44,689%	81	307	E (I) [2,700%]	E (I)	2,700%
4	0,294%	17	283	D (V) [0,022%]	D (V)	0,022%
5	45,719%	81	307	E (I) [2,700%]	E (I)	2,700%
6	44,331%	80	304	E (I) [0,073%]	E (I)	0,073%
7	60,668%	83	334	E (IV) [0,073%]	E (IV)	0,073%
8	73,639%	84	314	E (II) [0,073%]	E (II)	0,073%
9	0,975%	32	243	D (I) [0,022%]	D (I)	0,022%
10	94,450%	85	344	E (V) [0,073%]	E (V)	0,073%

N° ITERA	→ N° CATEG.	# RANDOM	→ VOL. IT.	→ VOL. ACUM.	→ IFN \$	→ IFN \$ ITEM	→ IFN \$ ACUM.
1	37	61,827%	1,208	1,208	\$ 0,131	\$ 0,158	\$ 0,158
2	40	43,701%	1,084	2,292	\$ 1,104	\$ 1,197	\$ 1,355
3	36	78,310%	57,660	59,952	\$ 0,020	\$ 1,131	\$ 2,486
4	33	99,702%	1,164	61,116	\$ 56,566	\$ 65,851	\$ 68,337
5	36	14,659%	1,102	62,219	\$ 0,034	\$ 0,037	\$ 68,374
6	36	88,765%	100,551	162,769	\$ 0,018	\$ 1,772	\$ 70,146
7	39	79,760%	1,201	163,971	\$ 0,376	\$ 0,451	\$ 70,597
8	37	15,334%	1,045	165,016	\$ 0,130	\$ 0,136	\$ 70,733
9	29	35,560%	2,301	167,317	\$ 0,506	\$ 1,164	\$ 71,897
10	40	50,216%	1,094	168,410	\$ 1,104	\$ 1,208	\$ 73,104

N° ITERA	→ VOL. AJ. IT.	VOL. AJ. ACUM.	→ IFN AJ. \$	→ IFN \$ ITEM	→ IFN \$ ACUM.
1	1,000	1,000	\$ 0,157	\$ 0,157	\$ 0,157
2	1,000	2,000	\$ 1,197	\$ 1,197	\$ 1,354
3	58,000	60,000	\$ 0,019	\$ 1,129	\$ 2,483
4	1,000	61,000	\$ 67,393	\$ 67,393	\$ 69,876
5	1,000	62,000	\$ 0,038	\$ 0,038	\$ 69,913
6	101,000	163,000	\$ 0,018	\$ 1,768	\$ 71,682
7	1,000	164,000	\$ 0,453	\$ 0,453	\$ 72,134
8	1,000	165,000	\$ 0,136	\$ 0,136	\$ 72,270
9	2,000	167,000	\$ 0,684	\$ 1,368	\$ 73,638
10	1,000	168,000	\$ 1,208	\$ 1,208	\$ 74,846

(sólo se muestran los primeros 10 eventos de la corrida)

Anexo 5.5 – Resultados de la asignación de artículos a los registros de la matriz de eventos simulada – Resumen de eventos

Ejemplo (i): Escenario Esperado EE11

segmento	modelo	descripción	contar modelo	contar segmento
A	1	EQUIPO DISPERSOR STD	14	
A	2	MOLINO VERTICAL	9	23
B	3	BOMBA	27	27
C	4	EQUIPO ENVASADOR STD	6	
C	5	EQUIPO ATRICCIÓN	2	
C	6	EQUIPO AUXILIAR	3	
C	7	EQUIPO DISPERSOR ESP.	7	
C	8	EQUIPO MEZCLADOR-AGITADOR	6	
C	9	MOLINO HORIZONTAL	6	
C	10	PRENSA HIDRÁULICA	1	31
D	11	EQUIPO ENVASADOR ESP.	3	
D	12	EQUIPOS TINTING	10	
D	13	ESTRUCTURA PARA EQUIPOS	5	
D	14	TANQUE	18	36
E	15	REPUESTOS	455	
E	16	PARTES	153	
E	17	REPARACIONES	344	952
			<u>1069</u>	<u>1069</u>

Ejemplo (ii): Escenario Esperado EE12

segmento	modelo	descripción	contar modelo	contar segmento
A	1	EQUIPO DISPERSOR STD	17	
A	2	MOLINO VERTICAL	6	23
B	3	BOMBA	25	25
C	4	EQUIPO ENVASADOR STD	5	
C	5	EQUIPO ATRICCIÓN	5	
C	6	EQUIPO AUXILIAR	2	
C	7	EQUIPO DISPERSOR ESP.	8	
C	8	EQUIPO MEZCLADOR-AGITADOR	7	
C	9	MOLINO HORIZONTAL	5	
C	10	PRENSA HIDRÁULICA	2	34
D	11	EQUIPO ENVASADOR ESP.	3	
D	12	EQUIPOS TINTING	5	
D	13	ESTRUCTURA PARA EQUIPOS	5	
D	14	TANQUE	14	27
E	15	REPUESTOS	451	
E	16	PARTES	338	
E	17	REPARACIONES	187	976
			<u>1085</u>	<u>1085</u>

Anexo 6.1 – Resultados de la asignación de artículos a los registros de la matriz de eventos simulada – Programa Maestro de Producción (MPS)

Ejemplo (i): Escenario Esperado EE11

n° pedido	tipo	descripción	modelo	segmento	fecha pedido	plazo de entrega (días)	hs MO (unit)	hs MO (totales)	cant	precio unit (ifn)
1	A (IV)	EQUIPO DISPERSOR STD	1	A	01/11/2010	150	325,4	325,4	1,0	13,934
2	D (II)	TANQUE	14	D	03/11/2010	120	126,2	126,2	1,0	5,263
3	C (III)	EQUIPO ENVASADOR STD	4	C	07/11/2010	180	506,8	506,8	1,0	16,532
4	D (II)	TANQUE	14	D	10/11/2010	120	126,7	126,7	1,0	5,358
5	D (II)	TANQUE	14	D	13/11/2010	90	111,6	111,6	1,0	2,703
6	C (II)	EQUIPO ATRICCIÓN	5	C	15/11/2010	90	193,7	193,7	1,0	3,370
7	A (III)	EQUIPO DISPERSOR STD	1	A	16/11/2010	120	286,7	286,7	1,0	7,404
8	D (I)	EQUIPOS TINTING	12	D	18/11/2010	20	48,1	171,5	13,0	0,112
9	B (III)	BOMBA	3	B	25/11/2010	75	60,4	60,4	1,0	1,846
10	C (II)	MOLINO HORIZONTAL	9	C	26/11/2010	120	344,1	344,1	1,0	4,942
11	C (IV)	EQUIPO DISPERSOR ESP.	7	C	26/11/2010	210	480,2	480,2	1,0	32,123
12	B (III)	BOMBA	3	B	30/11/2010	75	60,5	60,5	1,0	1,860
13	D (I)	EQUIPOS TINTING	12	D	02/12/2010	45	58,8	123,4	3,0	0,348
14	D (II)	TANQUE	14	D	02/12/2010	90	117,9	117,9	1,0	3,692
15	D (I)	EQUIPOS TINTING	12	D	05/12/2010	60	70,6	119,5	2,0	0,684
16	D (II)	TANQUE	14	D	09/12/2010	120	127,4	127,4	1,0	5,400
17	D (I)	EQUIPOS TINTING	12	D	09/12/2010	45	54,3	141,7	5,0	0,241
18	A (III)	MOLINO VERTICAL	2	A	11/12/2010	120	203,9	203,9	1,0	4,348
19	A (II)	MOLINO VERTICAL	2	A	11/12/2010	90	194,8	194,8	1,0	3,608
20	B (II)	BOMBA	3	B	12/12/2010	60	48,7	116,2	4,0	0,564
...										
118	E (I)	REPUESTOS	15	E	01/11/2010	5	1,8	8,2	35,0	0,021
119	E (I)	REPUESTOS	15	E	01/11/2010	5	1,9	5,3	6,0	0,026
120	E (II)	REPUESTOS	15	E	01/11/2010	20	3,1	10,8	12,0	0,144
121	E (IV)	REPARACIONES	17	E	01/11/2010	45	14,2	14,2	1,0	0,401
122	E (III)	REPUESTOS	15	E	02/11/2010	45	3,9	10,2	5,0	0,274
123	E (III)	REPUESTOS	15	E	02/11/2010	45	4,0	6,8	2,0	0,304
124	E (II)	REPUESTOS	15	E	03/11/2010	20	3,0	3,0	1,0	0,131
125	E (II)	REPARACIONES	17	E	04/11/2010	20	12,4	12,4	1,0	0,152
126	E (V)	REPARACIONES	17	E	04/11/2010	75	18,1	18,1	1,0	1,115
127	E (II)	REPARACIONES	17	E	04/11/2010	30	12,5	12,5	1,0	0,159
128	E (II)	REPARACIONES	17	E	05/11/2010	20	12,3	12,3	1,0	0,130
129	E (I)	REPUESTOS	15	E	05/11/2010	5	2,0	2,0	1,0	0,034
130	E (IV)	PARTES	16	E	06/11/2010	60	6,5	6,5	1,0	0,423
131	E (IV)	PARTES	16	E	06/11/2010	60	6,5	6,5	1,0	0,422
132	E (I)	REPUESTOS	15	E	06/11/2010	5	2,1	3,6	2,0	0,038
133	E (I)	REPUESTOS	15	E	08/11/2010	2	1,7	11,1	254,0	0,014
134	E (I)	REPUESTOS	15	E	09/11/2010	7	2,2	2,2	1,0	0,043
135	E (II)	REPUESTOS	15	E	09/11/2010	20	3,2	3,2	1,0	0,152
136	E (I)	REPUESTOS	15	E	10/11/2010	2	1,7	9,9	123,0	0,017
137	E (I)	REPUESTOS	15	E	10/11/2010	5	1,9	6,9	14,0	0,025
...										

(sólo se muestran los primeros eventos de la corrida)

Ejemplo (ii): Escenario Esperado EE12

n° pedido	tipo	descripción	modelo	segmento	fecha pedido	plazo de entrega (días)	hs MO (unit)	hs MO (totales)	cant	precio unit (fin)
1	B (III)	BOMBA	3	B	05/11/2010	75	64,7	64,7	1,0	1,893
2	A (II)	MOLINO VERTICAL	2	A	08/11/2010	90	197,3	197,3	1,0	2,723
3	B (III)	BOMBA	3	B	21/11/2010	75	57,6	97,5	2,0	1,003
4	C (V)	EQUIPO MEZCLADOR-AGITADOR	8	C	23/11/2010	210	656,1	656,1	1,0	47,739
5	A (IV)	EQUIPO DISPERSOR STD	1	A	28/11/2010	180	356,3	356,3	1,0	15,575
6	C (V)	EQUIPO DISPERSOR ESP.	7	C	07/12/2010	210	540,2	540,2	1,0	40,091
7	C (II)	EQUIPO ATRICCIÓN	5	C	09/12/2010	90	208,3	208,3	1,0	3,370
8	A (II)	MOLINO VERTICAL	2	A	16/12/2010	90	190,7	190,7	1,0	2,152
9	C (II)	EQUIPO AUXILIAR	6	C	21/12/2010	90	122,4	256,9	3,0	2,620
10	A (IV)	EQUIPO DISPERSOR STD	1	A	22/12/2010	150	353,7	353,7	1,0	14,770
11	B (II)	BOMBA	3	B	22/12/2010	60	56,0	94,8	2,0	0,809
12	B (II)	BOMBA	3	B	23/12/2010	60	53,7	128,1	4,0	0,562
13	C (IV)	EQUIPO DISPERSOR ESP.	7	C	23/12/2010	210	492,1	492,1	1,0	25,903
14	A (III)	EQUIPO DISPERSOR STD	1	A	27/12/2010	120	299,8	299,8	1,0	5,067
15	B (III)	BOMBA	3	B	31/12/2010	75	65,0	65,0	1,0	1,893
16	A (II)	MOLINO VERTICAL	2	A	01/01/2011	90	202,9	202,9	1,0	3,088
	C (III)	#N/A		C'	01/01/2011	1	0,0	0,0	0,0	0,000
17	B (II)	BOMBA	3	B	07/01/2011	60	55,8	117,1	3,0	0,771
	C (V)	#N/A		C'	17/01/2011	1	0,0	0,0	0,0	0,000
	C (IV)	#N/A		C'	18/01/2011	1	0,0	0,0	0,0	0,000
18	C (IV)	PRENSA HIDRÁULICA	10	C	20/01/2011	210	307,8	307,8	1,0	34,414
19	C (II)	EQUIPO MEZCLADOR-AGITADOR	8	C	21/01/2011	120	492,1	492,1	1,0	4,792
20	B (II)	BOMBA	3	B	22/01/2011	75	56,8	56,8	1,0	0,886
...										
110	E (IV)	REPUESTOS	15	E	01/11/2010	45	4,1	10,7	5,0	0,332
111	E (IV)	PARTES	16	E	01/11/2010	45	7,1	7,1	1,0	0,391
112	E (I)	PARTES	16	E	01/11/2010	5	6,5	11,0	2,0	0,038
113	E (V)	REPUESTOS	15	E	02/11/2010	75	5,8	5,8	1,0	1,179
114	E (I)	REPUESTOS	15	E	02/11/2010	5	2,2	2,2	1,0	0,037
115	E (V)	PARTES	16	E	02/11/2010	75	8,5	22,2	5,0	1,284
116	E (II)	REPUESTOS	15	E	03/11/2010	20	3,3	5,6	2,0	0,153
117	E (III)	PARTES	16	E	05/11/2010	45	6,9	6,9	1,0	0,262
118	E (I)	PARTES	16	E	06/11/2010	5	6,5	6,5	1,0	0,037
119	E (I)	REPUESTOS	15	E	06/11/2010	5	2,0	8,4	24,0	0,022
120	E (IV)	PARTES	16	E	06/11/2010	60	7,2	7,2	1,0	0,415
121	E (II)	REPUESTOS	15	E	08/11/2010	20	3,1	3,1	1,0	0,136
122	E (III)	PARTES	16	E	08/11/2010	45	7,0	7,0	1,0	0,310
123	E (II)	REPARACIONES	17	E	09/11/2010	20	13,7	13,7	1,0	0,135
124	E (V)	REPARACIONES	17	E	10/11/2010	75	19,4	19,4	1,0	1,208
125	E (IV)	REPUESTOS	15	E	10/11/2010	60	4,4	4,4	1,0	0,421
126	E (V)	PARTES	16	E	11/11/2010	75	8,4	8,4	1,0	1,178
127	E (III)	PARTES	16	E	11/11/2010	45	6,9	6,9	1,0	0,256
128	E (I)	REPUESTOS	15	E	11/11/2010	5	2,1	6,2	7,0	0,027
129	E (II)	PARTES	16	E	11/11/2010	30	6,7	6,7	1,0	0,157
...										

(sólo se muestran los primeros eventos de la corrida)

Anexo 6.2 – Diagrama de estructura por modelos para cada categoría

A				
1				1
orden	cant.	origen	prec.	descripción
	66	31	6	EQUIPO DISPERSOR STD
1	1	t		EQUIPO DISPERSOR STD
2	1	s	03:11	cuerpo
3	1	f		cabezal
4	1	f		base
5	1	f		columna
6	1	f		pistón
7	1	f		porta rulemán sup.
8	1	f		porta rulemán inf.
9	1	y		rodamiento
10	1	f		abrazadera
11	1	f		barra guía
12	1	s	13:16	subconjunto accesorios
13	1	y		guarnición
14	1	f		pulmón neumático
15	4	f		accesorios
16	3	y		accesorios
17	1	s	18:20	subconjunto eje
18	1	f		eje dispersor
19	1	f		disco dispersor
20	1	f		tuerca ajuste
21	1	s	22:27	subconjunto motriz
22	1	f		variador mecánico
23	1	y		motor
24	1	f		poleas
25	1	f		volante variador
26	1	y		correa variadora
27	1	y		correas transmisoras
28	1	s	29:29	tablero control
29	20	y		varios eléctricos
30	1	s	31:31	pupitre comando
31	12	y		varios eléctricos
32				

A				
2			2	
orden	cant.	origen	prec.	descripción
	118	33	7	MOLINO VERTICAL
1	1	t		MOLINO VERTICAL
2	1	s	03:05	cuerpo
3	1	f		base
4	1	f		cuerpo
5	1	f		abrazadera
6	1	s	07:15	cuba molienda
7	1	f		cuba exterior
8	1	f		cuba interior
9	1	f		eje
10	1	f		discos
11	1	f		tamiz
12	1	f		tapas cuba
13	1	f		brida
14	1	f		contrapeso
15	2	y		válvulas
16	1	s	17:20	subconjunto motriz
17	1	f		porta rulemán sup.
18	1	y		rodamiento
19	1	f		manchón
20	1	y		motor
21	1	s	22:27	subconjunto accesorios
22	2	f		accesorios
23	5	y		accesorios
24	1	y		manguera succión
25	1	y		manguera alimentación
26	1	y		filtro reductor
27	50	y		perlas molturadoras
28	1	s	29:29	tablero control
29	20	y		varios eléctricos
30	1	s	31:31	pupitre comando
31	12	y		varios eléctricos
32	1	x	33:33	bomba
33	1	f		bomba
34				

B				
3			3	
orden	cant.	origen	prec.	descripción
	71	23	3	BOMBA
1	1	t		BOMBA
2	1	s	03:06	subconjunto a
3	1	f		cabezal
4	2	f		válvulas
5	6	f		accesorios
6	8	y		accesorios
7	1	s	08:14	subconjunto b
8	1	f		cuerpo
9	1	f		eje
10	1	f		pistón
11	1	f		cilindro
12	4	f		columnas
13	6	y		pernos
14	8	y		tuercas
15	1	s	16:23	subconjunto c
16	2	f		válvulas
17	3	f		bujes
18	4	f		anillos
19	1	y		sopapa
20	2	y		bolillas
21	2	f		placas
22	6	f		accesorios
23	8	y		accesorios
24				

EXECUTIVE MBA 2008 / 2009

				C		C	
				4	4	4	4
				EQUIPO ENVASADOR STD			
orden	cant.	origen	prec.	descripción			
1	1	t		EQUIPO ENVASADOR STD			
2	1	s	03:07	cuerpo principal			
3	1	f		bastidor			
4	1	f		mesa de transporte			
5	1	f		cinta			
6	1	f		guías			
7	1	f		accesorios guías			
8	1	s	09:11	subconjunto motriz			
9	1	y		motor conductor			
10	1	y		reductor principal			
11	1	y		correas			
12	1	s	13:16	subconjunto accesorios			
13	1	y		sensores de posición			
14	1	y		filtro reductor			
15	4	f		accesorios			
16	8	y		accesorios			
17	1	s	18:18	cabezal de llenado			
18	16	f		piezas varias			
19	1	s	20:20	dispositivo alimentador tapas			
20	11	f		piezas varias			
21	1	s	22:22	dispositivo tapador			
22	14	f		piezas varias			
23	1	s	24:24	dispositivo dosificador sp1			
24	22	f		piezas varias			
25	1	s	26:27	tablero control y comando			
26	24	y		varios eléctricos			
27	9	y		varios neumáticos			
28	1	s	29:35	mesa alimentadora envases			
29	1	f		cuerpo			
30	1	f		estructura base			
31	1	f		guías			
32	1	y		motor			
33	1	f		poleas			
34	1	y		correas			
35	1	y		reductor			
36	1	s	37:43	mesa descarga envases			
37	1	f		cuerpo			
38	1	f		estructura base			
39	1	f		guías			
40	1	y		motor			
41	1	f		poleas			
42	1	y		correas			
43	1	y		reductor			
44							

				C		C	
				9	9	9	9
				MOLINO HORIZONTAL			
orden	cant.	origen	prec.	descripción			
1	1	t		MOLINO HORIZONTAL			
2	1	s	03:07	cuerpo principal			
3	1	f		cuerpo inferior			
4	1	f		cuerpo superior			
5	1	f		contratapa			
6	1	f		recipiente refrigerante			
7	4	f		partes varias			
8	1	s	09:14	cuba hermética			
9	1	f		cuba exterior			
10	1	f		cuba interior			
11	1	f		eje			
12	1	f		discos			
13	1	f		tapa frente			
14	1	f		manchón			
15	1	s	16:17	subconjunto sello separador			
16	1	y		sello mecánico			
17	1	f		discos separadores			
18	1	s	19:21	subconjunto motriz			
19	1	y		motor			
20	1	f		poleas			
21	1	y		correas transmisión			
22	1	s	23:32	subconjunto accesorios			
23	1	y		válvulas			
24	4	f		accesorios			
25	6	y		accesorios			
26	1	y		manguera succión			
27	1	y		manguera alimentación			
28	1	y		sensor presión			
29	1	y		sensor temperatura			
30	1	y		presostato			
31	1	y		filtro reductor			
32	50	y		perlas molturadoras			
33	1	s	34:34	tablero control			
34	27	y		varios eléctricos			
35	1	s	36:36	pupitre comando			
36	18	y		varios eléctricos			
37	1	x	38:38	bomba			
38	1	f		bomba			
39							

D				D
11	11	11	11	
				EQUIPO ENVASADOR ESP.
orden	cant.	origen	prec.	descripción
1	1	t		EQUIPO ENVASADOR ESP.
2	1	s	03:07	<u>cuerpo principal</u>
3	1	f		bastidor
4	1	f		mesa de transporte
5	1	f		cinta
6	1	f		guías
7	1	f		accesorios guías
8	1	s	09:11	<u>subconjunto motriz</u>
9	1	y		motor conductor
10	1	y		reductor principal
11	1	y		correas
12	1	s	13:17	<u>subconjunto accesorios</u>
13	1	y		sensores posición
14	1	y		celdas de carga
15	1	y		filtro reductor
16	6	f		accesorios
17	9	y		accesorios
18	1	s	19:19	<u>doble cabezal de llenado</u>
19	24	f		piezas varias
20	1	s	21:21	<u>dispositivo alimentador tapas</u>
21	18	f		piezas varias
22	1	s	23:23	<u>dispositivo tapador</u>
23	13	f		piezas varias
24	1	s	25:25	<u>dispositivo dosificador sp3</u>
25	29	f		piezas varias
26	1	s	27:32	<u>tablero control y programación</u>
27	28	y		varios eléctricos
28	6	y		varios electrónicos
29	7	y		varios neumáticos
30	1	f		tablero comando
31	11	y		varios eléctricos
32	4	y		varios electrónicos
33	1	s	34:40	<u>mesa alimentadora envases</u>
34	1	f		cuerpo
35	1	f		estructura base
36	1	f		guías
37	1	y		motor
38	1	f		poleas
39	1	y		correas
40	1	y		reductor
41	1	s	42:48	<u>mesa descarga envases</u>
42	1	f		cuerpo
43	1	f		estructura base
44	1	f		guías
45	1	y		motor
46	1	f		poleas
47	1	y		correas
48	1	y		reductor
49				

D				D
13	13	13	13	
				ESTRUCTURA PARA EQUIPOS
orden	cant.	origen	prec.	descripción
1	1	t		ESTRUCTURA PARA EQUIPO
2	1	s	03:10	<u>subconjunto estructura</u>
3	1	f		chapa
4	1	f		perfiles
5	1	f		tubos
6	1	f		caño estructural
7	1	f		hierro
8	1	y		pernos
9	1	y		tuercas
10	1	f		soldadura
11	1	s	12:13	<u>subconjunto accesorios</u>
12	1	y		celdas carga
13	1	f		accesorios
14				

E				E
15	15	15	15	
				REPUESTOS
orden	cant.	origen	prec.	descripción
1	1	t		REPUESTOS
2	1	s	03:03	<u>piezas varias</u>
3	1	y		piezas varias
4				

E				E
17	17	17	17	
				REPARACIONES
orden	cant.	origen	prec.	descripción
1	1	t		REPARACIONES
2	1	s	03:04	<u>subconjunto reparación a</u>
3	1	f		piezas varias
4	1	y		piezas varias
5	1	s	06:07	<u>subconjunto reparación b</u>
6	6	f		piezas varias
7	12	y		piezas varias
8				

Anexo 6.3 – Diagrama de sistema productivo (PST) por modelos para cada evento

**Ejemplo (i): Job # 45 (Escenario Esperado EE11)
Segmento C (IV) – Modelo 4 – EQUIPO ENVASADOR STD**

Job #	tipo	segmento	modelo	descripción	cant.	piezas/ partes
45	C (IV)	C	4	EQUIPO ENVASADOR STD	1	43
REFERENCIAS FLECHAS						
Job #						
Data (45)						
Número	Clase	Pieza N°	Parte N°	Descripción	Cant	Origen
0	2	3	4	5	6	7
1	T	45001	T45001	EQUIPO ENVASADOR STD	1	f
2	S	452	S00452	cuerpo principal	1	s
3	P	4501	P04501	bastidor	1	f
4	P	4502	P04502	mesa de transporte	1	f
5	P	4503	P04503	cinta	1	f
6	P	4504	P04504	guias	1	f
7	P	4505	P04505	accesorios guías	1	f
8	S	453	S00453	subconjunto motriz	1	s
9	P	4506	P04506	motor conductor	1	y
10	P	4507	P04507	reductor principal	1	y
11	P	4508	P04508	correas	1	y
12	S	454	S00454	subconjunto accesorios	1	s
13	P	4509	P04509	sensores de posición	1	y
14	P	4510	P04510	filtro reductor	1	y
15	P	4511	P04511	accesorios	4	f
16	P	4512	P04512	accesorios	8	y
17	S	455	S00455	cabezal de llenado	1	s
18	P	4513	P04513	piezas varias	16	f
19	S	456	S00456	dispositivo alimentador tapas	1	s
20	P	4514	P04514	piezas varias	11	f
21	S	457	S00457	dispositivo lapador	1	s
22	P	4515	P04515	piezas varias	14	f
23	S	458	S00458	dispositivo dosificador sp1	1	s
24	P	4516	P04516	piezas varias	22	f
25	S	459	S00459	tablero control y comando	1	s
26	P	4517	P04517	varios electricos	24	y
27	P	4518	P04518	varios neumáticos	9	y
28	S	460	S00460	mesa alimentadora envases	1	s
29	P	4519	P04519	cuerpo	1	f
30	P	4520	P04520	estructura base	1	f
31	P	4521	P04521	guias	1	f
32	P	4522	P04522	motor	1	y
33	P	4523	P04523	poleas	1	f
34	P	4524	P04524	correas	1	y
35	P	4525	P04525	reductor	1	y
36	S	461	S00461	mesa descarga envases	1	s
37	P	4526	P04526	cuerpo	1	f
38	P	4527	P04527	estructura base	1	f
39	P	4528	P04528	guias	1	f
40	P	4529	P04529	motor	1	y
41	P	4530	P04530	poleas	1	f
42	P	4531	P04531	correas	1	y
43	P	4532	P04532	reductor	1	y

(BOM: despiece y descripción de componentes, cantidades, subconjuntos y origen)

total niveles	cant. predec.	fila ref.	hs MO (un.) (ref.)	hs MO (un.) (ajustado)	factor ajuste por cant. para hs MO	hs MO (tot.) (ajustado)	precio unit.	fecha ingreso	entrega (días)	due date	slack aprox. (días)
3	10	48	450	513,1	1,0000	513,1	86596,60	22/02/2011	180	21/08/2011	164

Nivel	Predecesores	Predecesor 1	Predecesor 2	Predecesor 3	Predecesor 4	Predecesor 5	Predecesor 6	Predecesor 7	Predecesor 8	Predecesor 9	Predecesor 10
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
3	0	S00452	S00453	S00454	S00455	S00456	S00457	S00458	S00459	S00460	S00461
2	03:07	P04501	P04502	P04503	P04504	P04505					
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
2	09:11	P04506	P04507	P04508							
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
2	13:16	P04509	P04510	P04511	P04512						
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
2	18:18	P04513									
1	0	---									
2	20:20	P04514									
1	0	---									
2	22:22	P04515									
1	0	---									
2	24:24	P04516									
1	0	---									
2	26:27	P04517	P04518								
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
2	29:35	P04519	P04520	P04521	P04522	P04523	P04524	P04525			
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
2	37:43	P04526	P04527	P04528	P04529	P04530	P04531	P04532			
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									
1	0	---									

(Estructura del producto por niveles y precedentes)

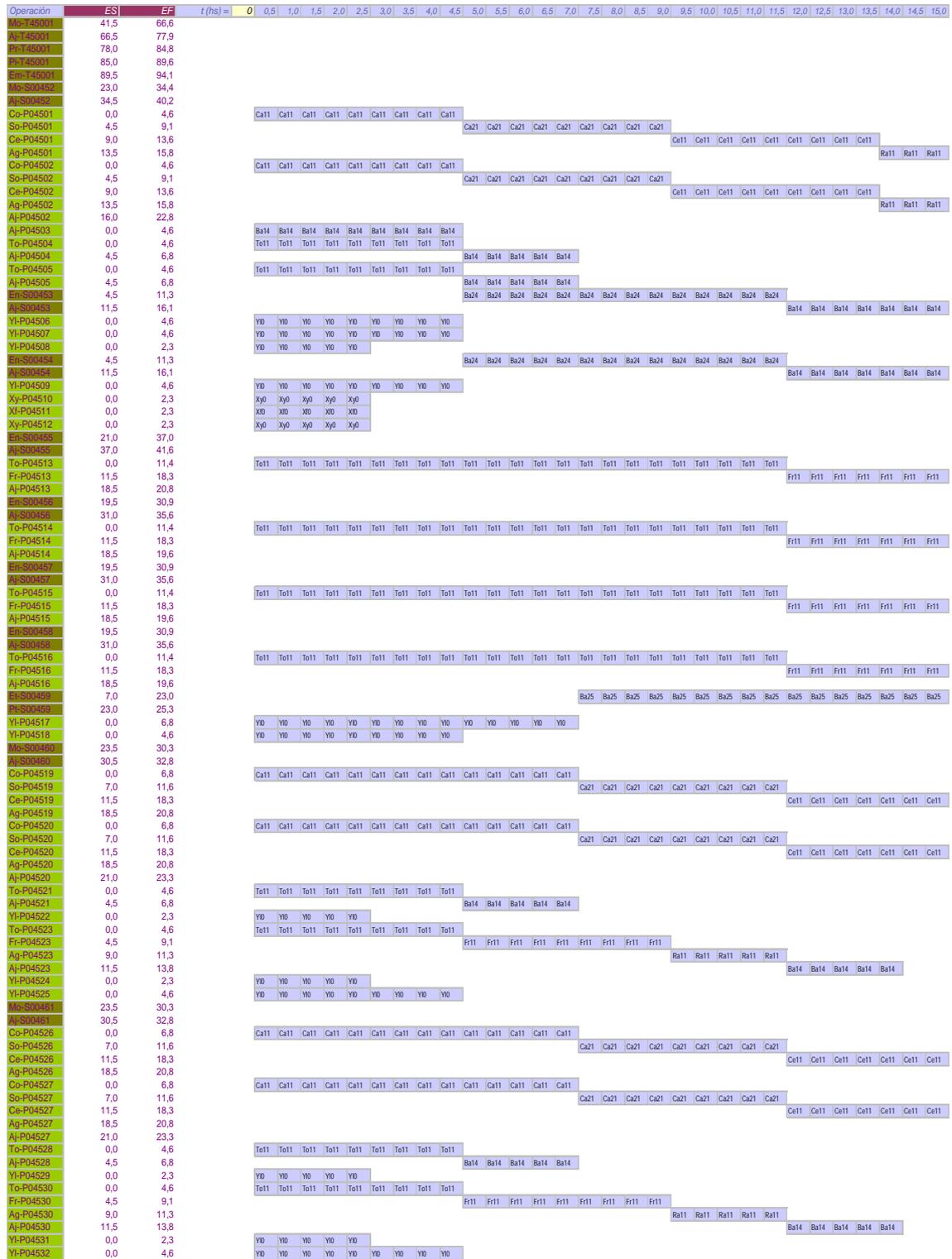
EXECUTIVE MBA 2008 / 2009

cant. procesos										hs MO (unit.) (ajustado)
96										513,00
0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Ordenado según 3 Part N°
Proceso 1	Proceso 2	Proceso 3	Proceso 4	Proceso 5	Duración 1	Duración 2	Duración 3	Duración 4	Duración 5	Duración
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Mo	Aj	Pr	Pi	Em	25,08	11,40	6,84	4,56	4,56	52,44
Mo	Aj	0	0	0	11,40	5,70	0,00	0,00	0,00	17,10
Co	So	Ce	Ag	0	4,56	4,56	4,56	2,28	0,00	15,96
Co	So	Ce	Ag	Aj	4,56	4,56	4,56	2,28	6,84	22,80
Aj	0	0	0	0	4,56	0,00	0,00	0,00	0,00	4,56
To	Aj	0	0	0	4,56	2,28	0,00	0,00	0,00	6,84
To	Aj	0	0	0	4,56	2,28	0,00	0,00	0,00	6,84
En	Aj	0	0	0	6,84	4,56	0,00	0,00	0,00	11,40
Yl	0	0	0	0	4,56	0,00	0,00	0,00	0,00	4,56
Yl	0	0	0	0	4,56	0,00	0,00	0,00	0,00	4,56
Yl	0	0	0	0	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	2,28
En	Aj	0	0	0	6,84	4,56	0,00	0,00	0,00	11,40
Yl	0	0	0	0	4,56	0,00	0,00	0,00	0,00	4,56
Xf	0	0	0	0	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	2,28
Xy	0	0	0	0	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	2,28
En	Aj	0	0	0	15,96	4,56	0,00	0,00	0,00	20,52
To	Fr	Aj	0	0	11,40	6,84	2,28	0,00	0,00	20,52
En	Aj	0	0	0	11,40	4,56	0,00	0,00	0,00	15,96
To	Fr	Aj	0	0	11,40	6,84	1,14	0,00	0,00	19,38
En	Aj	0	0	0	11,40	4,56	0,00	0,00	0,00	15,96
To	Fr	Aj	0	0	11,40	6,84	1,14	0,00	0,00	19,38
En	Aj	0	0	0	11,40	4,56	0,00	0,00	0,00	15,96
To	Fr	Aj	0	0	11,40	6,84	1,14	0,00	0,00	19,38
Et	Pt	0	0	0	15,96	2,28	0,00	0,00	0,00	18,24
Yl	0	0	0	0	6,84	0,00	0,00	0,00	0,00	6,84
Yl	0	0	0	0	4,56	0,00	0,00	0,00	0,00	4,56
Mo	Aj	0	0	0	6,84	2,28	0,00	0,00	0,00	9,12
Co	So	Ce	Ag	0	6,84	4,56	6,84	2,28	0,00	20,52
Co	So	Ce	Ag	Aj	6,84	4,56	6,84	2,28	2,28	22,80
To	Aj	0	0	0	4,56	2,28	0,00	0,00	0,00	6,84
Yl	0	0	0	0	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	2,28
To	Fr	Ag	Aj	0	4,56	4,56	2,28	2,28	0,00	13,68
Yl	0	0	0	0	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	2,28
Yl	0	0	0	0	4,56	0,00	0,00	0,00	0,00	4,56
Mo	Aj	0	0	0	6,84	2,28	0,00	0,00	0,00	9,12
Co	So	Ce	Ag	0	6,84	4,56	6,84	2,28	0,00	20,52
Co	So	Ce	Ag	Aj	6,84	4,56	6,84	2,28	2,28	22,80
To	Aj	0	0	0	4,56	2,28	0,00	0,00	0,00	6,84
Yl	0	0	0	0	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	2,28
To	Fr	Ag	Aj	0	4,56	4,56	2,28	2,28	0,00	13,68
Yl	0	0	0	0	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	2,28
Yl	0	0	0	0	4,56	0,00	0,00	0,00	0,00	4,56

(Procesos y duración estándar de cada uno, y duración total para cada pieza o componente)

Anexo 6.4 – Diagrama de Gantt unitario (para cada evento)

Ejemplo (i): Job # 45 (Escenario Esperado EE11)
Segmento C (IV) – Modelo 4 – EQUIPO ENVASADOR STD



(Diagrama de Gantt considerando únicamente precedentes; no considera restricciones de capacidad en equipos o puestos de trabajo, ni acumulación de carga de producción por demanda agregada)

Anexo 6.5 – Detalle de equipos y/o puestos de trabajo y asignación por modelos y artículos

Ejemplo (i): Job # 45 (Escenario Esperado EE11)

Segmento C (IV) – Modelo 4 – EQUIPO ENVASADOR STD

Sector			Proceso	Equipo / Puesto	Asignado
<u>Fabricación Int.</u>					
1	Radial	Ag	Agujereado	Ra11	Ra11
2	Banco	Aj	Ajuste	Ba11	Ba14
3	Banco	Aj	Ajuste	Ba12	...
4	Banco	Aj	Ajuste	Ba13	...
5	Banco	Aj	Ajuste	Ba14	...
6	Banco	Aj	Ajuste	Ba15	...
7	Cepillo	Ce	Cepillado	Ce11	Ce11
8	Cepillo	Ce	Cepillado	Ce12	...
9	Calderería	Co	Corte	Ca11	Ca11
10	Calderería	Co	Corte	Ca12	...
11	Embalaje	Em	Embalaje	Em11	Em11
12	Banco	En	Ensamble	Ba21	Ba24
13	Banco	En	Ensamble	Ba22	...
14	Banco	En	Ensamble	Ba23	...
15	Banco	En	Ensamble	Ba24	...
16	Banco	Et	Ens. Elect.	Ba25	Ba25
17	Fresadora	Fr	Fresado	Fr11	Fr11
18	Fresadora	Fr	Fresado	Fr12	...
19	Montaje	Mo	Montaje	Mo11	Mo11
20	Montaje	Mo	Montaje	Mo12	...
21	Montaje	Mo	Montaje	Mo13	...
22	Pintura	Pi	Pintura	Pi11	Pi11
23	Banco	Pr	Prueba	Ba31	Ba34
24	Banco	Pr	Prueba	Ba32	...
25	Banco	Pr	Prueba	Ba33	...
26	Banco	Pr	Prueba	Ba34	...
27	Banco	Pt	Pr. Elect.	Ba35	Ba35
28	Calderería	So	Soldadura	Ca21	Ca21
29	Calderería	So	Soldadura	Ca22	...
30	Tornería	To	Torneado	To11	To11
31	Tornería	To	Torneado	To12	...
32	Tornería	To	Torneado	To13	...
33	Tornería	Tp	Torneado	Tp21	Tp21
34	Tornería	Tp	Torneado	Tp22	...
35	Tornería	Tp	Torneado	Tp23	...
<u>Fabricación Ext.</u>					
36	Ext. Caldererí	Zc	Corte y Sold.	Zc01	Zc01
37	Ext. Caldererí	Zc	Corte y Sold.	Zc02	...
38	Ext. Ensamblé	Ze	Ensamble y Aj.	Ze01	Ze01
39	Ext. Ensamblé	Ze	Ensamble y Aj.	Ze02	...
40	Ext. Montaje	Zm	Montaje y Aj.	Zm01	Zm01
41	Ext. Montaje	Zm	Montaje y Aj.	Zm02	...
42	Ext. Mecaniza	Zt	Mecanizado	Zt01	Zt01
43	Ext. Mecaniza	Zt	Mecanizado	Zt02	...
<u>Otros</u>					
44	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...
<u>Abastecimiento</u>					
47	Stock	Xf	Stock fabricado	Xf0	Xf0
48	Stock	Xy	Stock compra	Xy0	Xy0
49	Compra	Yi	Compra Impo	Yi0	Yi0
50	Compra	Yl	Compra Local	Yl0	Yl0

Anexo 7.1 – Carga acumulada de trabajo por equipo y/o puesto, para todos los escenarios

Ejemplo (i): Escenario Esperado EE11

Sector	Proceso	Equipo / Puesto	Contar Ops.	% Ops.	Tiempo	% Ocup. Fabr.	% Ocup. Tot.	Rol		
1	Radial	Ag Agujereado	Ra11	1	423	2,61%	1452,0	3,95%	54,37%	1
2	Banco	Aj Ajuste	Ba11	2	797	4,92%	1994,5	5,43%	74,68%	1
3	Banco	Aj Ajuste	Ba12	3	317	1,96%	1643,4	4,47%	61,53%	1
4	Banco	Aj Ajuste	Ba13	4	1675	10,35%	1519,8	4,14%	56,91%	1
5	Banco	Aj Ajuste	Ba14	5	355	2,19%	1454,6	3,96%	54,47%	1
6	Banco	Aj Ajuste	Ba15	6	1720	10,63%	1494,6	4,07%	55,96%	1
7	Cepillo	Ce Cepillado	Ce11	7	168	1,04%	1060,5	2,89%	39,71%	1
8	Cepillo	Ce Cepillado	Ce12	8	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	
9	Calderería	Co Corte	Ca11	9	269	1,66%	1576,9	4,29%	59,05%	0,75
10	Calderería	Co Corte	Ca12	10	90	0,56%	693,0	1,89%	25,95%	0,25
11	Embalaje	Em Embalaje	Em11	11	94	0,58%	282,6	0,77%	10,58%	0,25
12	Banco	En Ensamble	Ba21	12	201	1,24%	723,2	1,97%	27,08%	0,5
13	Banco	En Ensamble	Ba22	13	69	0,43%	584,4	1,59%	21,88%	0,5
14	Banco	En Ensamble	Ba23	14	1369	8,46%	1619,3	4,41%	60,63%	0,5
15	Banco	En Ensamble	Ba24	15	124	0,77%	987,5	2,69%	36,98%	0,5
16	Banco	Et Ens. Elect.	Ba25	16	1143	7,06%	2208,5	6,01%	82,70%	0,5
17	Fresadora	Fr Fresado	Fr11	17	302	1,87%	1599,6	4,35%	59,90%	0,5
18	Fresadora	Fr Fresado	Fr12	18	1054	6,51%	1215,7	3,31%	45,52%	0,5
19	Montaje	Mo Montaje	Mo11	19	120	0,74%	1377,9	3,75%	51,60%	0,5
20	Montaje	Mo Montaje	Mo12	20	82	0,51%	1800,6	4,90%	67,42%	0,5
21	Montaje	Mo Montaje	Mo13	21	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	
22	Pintura	Pi Pintura	Pi11	22	461	2,85%	693,3	1,89%	25,96%	1
23	Banco	Pr Prueba	Ba31	23	42	0,26%	164,1	0,45%	6,14%	0,5
24	Banco	Pr Prueba	Ba32	24	26	0,16%	148,7	0,40%	5,57%	0,5
25	Banco	Pr Prueba	Ba33	25	381	2,35%	157,7	0,43%	5,90%	0,5
26	Banco	Pr Prueba	Ba34	26	10	0,06%	93,7	0,25%	3,51%	0,5
27	Banco	Pt Pr. Elect.	Ba35	27	111	0,69%	337,1	0,92%	12,62%	0,5
28	Calderería	So Soldadura	Ca21	28	241	1,49%	1416,9	3,86%	53,06%	1
29	Calderería	So Soldadura	Ca22	29	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	
30	Tornería	To Torneado	To11	30	242	1,49%	1807,8	4,92%	67,69%	1
31	Tornería	To Torneado	To12	31	1420	8,77%	1900,5	5,17%	71,16%	1
32	Tornería	To Torneado	To13	32	157	0,97%	1244,2	3,39%	46,59%	1
33	Tornería	Tp Torneado	Tp21	33	128	0,79%	1144,9	3,12%	42,87%	1
34	Tornería	Tp Torneado	Tp22	34	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	
35	Tornería	Tp Torneado	Tp23	35	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	
Subtotal Fabricación Int.			...	30	13591	83,96%	34397,6	93,63%	42,93%	
36	Ext. Calderería	Zc Corte y Sold.	Zc01	36	106	0,65%	1384,0	3,77%	51,82%	1
37	Ext. Calderería	Zc Corte y Sold.	Zc02	37	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	
38	Ext. Ensamble	Ze Ensamble y Aj.	Ze01	38	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	
39	Ext. Ensamble	Ze Ensamble y Aj.	Ze02	39	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	
40	Ext. Montaje	Zm Montaje y Aj.	Zm01	40	40	0,25%	958,1	2,61%	35,88%	1
41	Ext. Montaje	Zm Montaje y Aj.	Zm02	41	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	
42	Ext. Mecanizad	Zt Mecanizado	Zt01	42	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1
43	Ext. Mecanizad	Zt Mecanizado	Zt02	43	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	
Subtotal Fabricación Ext.			...	2	146	0,90%	2342,1	6,37%	43,85%	
Subtotal Fabricación			...	32	13737	84,86%	36739,7	100,00%	42,99%	
47	Stock	Xf Stock fabricado	Xf0	47	83	0,51%	268,8		10,07%	0,25
48	Stock	Xy Stock compra	Xy0	48	1853	11,45%	1968,2		73,70%	0,5
49	Compra	Yi Compra Impo	Yi0	49	6	0,04%	30,0		1,12%	
50	Compra	Yl Compra Local	Yl0	50	509	3,14%	2022,8		75,74%	
Subtotal Abastecimiento			...	4	2451	15,14%	4289,8		40,16%	
Total			...	36	16188	100,0%	41029,5		42,68%	21

2208,50	2670,63	96142,68	56083,23
max hs utiliz. por puesto	hs disponibles por puesto	hs disponibles totales	hs disponibles para el rol

1)	para EE	debería ser	55%	52878,5
2)	para EP	debería ser	45%	43264,2
3)	para EO	debería ser	65%	62492,7

Ejemplo (ii): Escenario Pesimista EP21

Sector	Proceso	Equipo / Puesto	Contar Ops.	% Ops.	Tiempo	% Ocup. Fabr.	% Ocup. Tot.	Rol		
1	Radial	Ag Agujereado	Ra11	1	460	2,94%	1412,7	4,05%	55,20%	1
2	Banco	Aj Ajuste	Ba11	2	870	5,57%	1728,7	4,96%	67,55%	1
3	Banco	Aj Ajuste	Ba12	3	325	2,08%	1587,0	4,55%	62,02%	1
4	Banco	Aj Ajuste	Ba13	4	2222	14,21%	1746,7	5,01%	68,26%	1
5	Banco	Aj Ajuste	Ba14	5	432	2,76%	1753,7	5,03%	68,53%	1
6	Banco	Aj Ajuste	Ba15	6	880	5,63%	743,3	2,13%	29,04%	1
7	Cepillo	Ce Cepillado	Ce11	7	196	1,25%	1131,2	3,24%	44,20%	1
8	Cepillo	Ce Cepillado	Ce12	8	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1
9	Calderería	Co Corte	Ca11	9	278	1,78%	1479,2	4,24%	57,80%	0,75
10	Calderería	Co Corte	Ca12	10	102	0,65%	687,7	1,97%	26,87%	0,25
11	Embalaje	Em Embalaje	Em11	11	103	0,66%	285,4	0,82%	11,15%	0,25
12	Banco	En Ensamble	Ba21	12	212	1,36%	600,5	1,72%	23,47%	0,5
13	Banco	En Ensamble	Ba22	13	70	0,45%	569,6	1,63%	22,26%	0,5
14	Banco	En Ensamble	Ba23	14	1642	10,50%	2027,9	5,82%	79,25%	0,5
15	Banco	En Ensamble	Ba24	15	135	0,86%	1131,4	3,25%	44,21%	0,5
16	Banco	Et Ens. Elect.	Ba25	16	649	4,15%	1583,0	4,54%	61,86%	0,5
17	Fresadora	Fr Fresado	Fr11	17	343	2,19%	1571,8	4,51%	61,42%	0,5
18	Fresadora	Fr Fresado	Fr12	18	986	6,31%	1190,1	3,41%	46,51%	0,5
19	Montaje	Mo Montaje	Mo11	19	136	0,87%	1412,3	4,05%	55,19%	0,5
20	Montaje	Mo Montaje	Mo12	20	88	0,56%	1699,8	4,88%	66,42%	0,5
21	Montaje	Mo Montaje	Mo13	21	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1
22	Pintura	Pi Pintura	Pi11	22	300	1,92%	552,0	1,58%	21,57%	1
23	Banco	Pr Prueba	Ba31	23	43	0,28%	131,7	0,38%	5,15%	0,5
24	Banco	Pr Prueba	Ba32	24	27	0,17%	151,3	0,43%	5,91%	0,5
25	Banco	Pr Prueba	Ba33	25	216	1,38%	116,0	0,33%	4,53%	0,5
26	Banco	Pr Prueba	Ba34	26	15	0,10%	120,2	0,34%	4,70%	0,5
27	Banco	Pt Pr. Elect.	Ba35	27	121	0,77%	348,1	1,00%	13,60%	0,5
28	Calderería	So Soldadura	Ca21	28	262	1,68%	1404,1	4,03%	54,87%	1
29	Calderería	So Soldadura	Ca22	29	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1
30	Tornería	To Torneado	To11	30	280	1,79%	1896,3	5,44%	74,10%	1
31	Tornería	To Torneado	To12	31	1404	8,98%	1822,4	5,23%	71,21%	1
32	Tornería	To Torneado	To13	32	104	0,67%	848,6	2,43%	33,16%	1
33	Tornería	Tp Torneado	Tp21	33	192	1,23%	1373,1	3,94%	53,66%	1
34	Tornería	Tp Torneado	Tp22	34	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1
35	Tornería	Tp Torneado	Tp23	35	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1
Subtotal Fabricación Int.			...	30	13093	83,76%	33106,0	94,97%	43,12%	
36	Ext. Calderería	Zc Corte y Sold.	Zc01	36	96	0,61%	1090,1	3,13%	42,60%	1
37	Ext. Calderería	Zc Corte y Sold.	Zc02	37	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1
38	Ext. Ensamble	Ze Ensamble y Aj.	Ze01	38	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1
39	Ext. Ensamble	Ze Ensamble y Aj.	Ze02	39	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1
40	Ext. Montaje	Zm Montaje y Aj.	Zm01	40	40	0,26%	663,9	1,90%	25,94%	1
41	Ext. Montaje	Zm Montaje y Aj.	Zm02	41	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1
42	Ext. Mecanizad	Zt Mecanizado	Zt01	42	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1
43	Ext. Mecanizad	Zt Mecanizado	Zt02	43	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1
Subtotal Fabricación Ext.			...	2	136	0,87%	1754,0	5,03%	34,27%	
Subtotal Fabricación			...	32	13229	84,63%	34860,0	100,00%	42,57%	
47	Stock	Xf Stock fabricado	Xf0	47	84	0,54%	287,6		11,24%	0,25
48	Stock	Xy Stock compra	Xy0	48	1741	11,14%	1779,4		69,53%	0,5
49	Compra	Yi Compra Impo	Yi0	49	7	0,04%	36,3		1,42%	
50	Compra	Yl Compra Local	Yl0	50	571	3,65%	2057,4		80,40%	
Subtotal Abastecimiento			...	4	2403	15,37%	4160,6		40,65%	
Total			...	36	15632	100,0%	39020,6		42,36%	21

2057,38	2559,04	(*)	92125,35	53739,79
max hs utiliz.	hs disponibles		hs disponibles	hs disponibles
por puesto	por puesto		totales	para el rol

1)	para EE	debería ser	55%	50668,9
2)	para EP	debería ser	45%	41456,4
3)	para EO	debería ser	65%	59881,5

Ejemplo (iii): Escenario Optimista EO31

Sector	Proceso	Equipo / Puesto	Contar Ops.	% Ops.	Tiempo	% Ocup. Fabr.	% Ocup. Tot.	Rol			
1	Radial	Ag Agujereado	Ra11	1	592	3,03%	2048,7	4,19%	70,15%	1	
2	Banco	Aj Ajuste	Ba11	2	874	4,48%	2228,3	4,56%	76,30%	1	
3	Banco	Aj Ajuste	Ba12	3	400	2,05%	2204,3	4,51%	75,48%	1	
4	Banco	Aj Ajuste	Ba13	4	2960	15,16%	2541,5	5,20%	87,03%	1	
5	Banco	Aj Ajuste	Ba14	5	430	2,20%	2316,1	4,73%	79,31%	1	
6	Banco	Aj Ajuste	Ba15	6	1220	6,25%	1203,5	2,46%	41,21%	1	
7	Cepillo	Ce Cepillado	Ce11	7	236	1,21%	1586,0	3,24%	54,31%	1	
8	Cepillo	Ce Cepillado	Ce12	8	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%		
9	Calderería	Co Corte	Ca11	9	361	1,85%	2132,2	4,36%	73,01%	0,75	
10	Calderería	Co Corte	Ca12	10	128	0,66%	990,8	2,03%	33,93%	0,25	
11	Embalaje	Em Embalaje	Em11	11	111	0,57%	382,1	0,78%	13,08%	0,25	a
12	Banco	En Ensamble	Ba21	12	217	1,11%	800,3	1,64%	27,40%	0,5	b
13	Banco	En Ensamble	Ba22	13	81	0,41%	757,9	1,55%	25,95%	0,5	c
14	Banco	En Ensamble	Ba23	14	2172	11,12%	2993,7	6,12%	102,51%	0,5	d
15	Banco	En Ensamble	Ba24	15	127	0,65%	1536,4	3,14%	52,61%	0,5	e
16	Banco	Et Ens. Elect.	Ba25	16	883	4,52%	2370,7	4,85%	81,18%	0,5	f
17	Fresadora	Fr Fresado	Fr11	17	417	2,14%	2284,1	4,67%	78,21%	0,5	
18	Fresadora	Fr Fresado	Fr12	18	1318	6,75%	1792,5	3,66%	61,38%	0,5	
19	Montaje	Mo Montaje	Mo11	19	173	0,89%	2077,0	4,25%	71,12%	0,5	
20	Montaje	Mo Montaje	Mo12	20	100	0,51%	2332,3	4,77%	79,86%	0,5	
21	Montaje	Mo Montaje	Mo13	21	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%		
22	Pintura	Pi Pintura	Pi11	22	372	1,90%	751,4	1,54%	25,73%	1	
23	Banco	Pr Prueba	Ba31	23	59	0,30%	200,6	0,41%	6,87%	0,5	b
24	Banco	Pr Prueba	Ba32	24	35	0,18%	212,2	0,43%	7,27%	0,5	c
25	Banco	Pr Prueba	Ba33	25	276	1,41%	146,5	0,30%	5,02%	0,5	d
26	Banco	Pr Prueba	Ba34	26	16	0,08%	165,9	0,34%	5,68%	0,5	e
27	Banco	Pt Pr. Elect.	Ba35	27	151	0,77%	497,6	1,02%	17,04%	0,5	f
28	Calderería	So Soldadura	Ca21	28	328	1,68%	2038,9	4,17%	69,81%	1	
29	Calderería	So Soldadura	Ca22	29	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%		
30	Tornería	To Torneado	To11	30	358	1,83%	2669,8	5,46%	91,42%	1	
31	Tornería	To Torneado	To12	31	1616	8,27%	2288,6	4,68%	78,37%	1	
32	Tornería	To Torneado	To13	32	227	1,16%	1810,5	3,70%	62,00%	1	
33	Tornería	Tp Torneado	Tp21	33	184	0,94%	1586,9	3,24%	54,34%	1	
34	Tornería	Tp Torneado	Tp22	34	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%		
35	Tornería	Tp Torneado	Tp23	35	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%		
Subtotal Fabricación Int.			...	30	16422	84,09%	46947,1	95,97%	53,59%		
36	Ext. Calderería	Zc Corte y Sold.	Zc01	36	79	0,40%	1276,3	2,61%	43,70%	1	
37	Ext. Calderería	Zc Corte y Sold.	Zc02	37	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%		
38	Ext. Ensamble	Ze Ensamble y Aj.	Ze01	38	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%		
39	Ext. Ensamble	Ze Ensamble y Aj.	Ze02	39	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%		
40	Ext. Montaje	Zm Montaje y Aj.	Zm01	40	40	0,20%	694,9	1,42%	23,79%	1	
41	Ext. Montaje	Zm Montaje y Aj.	Zm02	41	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%		
42	Ext. Mecanizad	Zt Mecanizado	Zt01	42	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%	1	
43	Ext. Mecanizad	Zt Mecanizado	Zt02	43	0	0,00%	0,0	0,00%	0,00%		
Subtotal Fabricación Ext.			...	2	119	0,61%	1971,2	4,03%	33,75%		
Subtotal Fabricación			...	32	16541	84,70%	48918,3	100,00%	52,35%		
47	Stock	Xf Stock fabricado	Xf0	47	105	0,54%	389,8		13,35%	0,25	a
48	Stock	Xy Stock compra	Xy0	48	2189	11,21%	2396,6		82,06%	0,5	a
49	Compra	Yi Compra Impo	Yi0	49	8	0,04%	45,9		1,57%		
50	Compra	Yl Compra Local	Yl0	50	687	3,52%	2946,1		100,88%		
Subtotal Abastecimiento			...	4	2989	15,30%	5778,4		49,47%		
Total			...	36	19530	100,0%	54696,7		52,03%	21	4

2993,69	2920,40	(*)	105134,22	61328,29
max hs utiliz. por puesto	hs disponibles por puesto		hs disponibles totales	hs disponibles para el rol

1)	para EE	debería ser	55%	57823,8
2)	para EP	debería ser	45%	47310,4
3)	para EO	debería ser	65%	68337,2

Anexo 7.2 – Matriz de tareas y operaciones programadas con sus tiempos de ejecución asignados de acuerdo con las reglas de secuenciación predeterminadas

Ejemplo (i): Escenario Esperado EE11

A 7.2 (i) Regla de secuenciación EDD

Ingreso	Due Date			es Op.	N° Operación	Prioridad	Disp.	Status	ti	ta/ta'	tf	
01/11/2010	06/11/2010	(48) 001,64	15 REPUESTOS	x	1	118 (023)	40486,4	1	2	0,0	1,6	02/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(31) 001,18	17 REPARACIONES	x	1	121 (023)	40526,8	1	2	0,0	1,2	01/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(10) 006,51	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (023)	40626,5	1	2	0,0	6,5	05/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(30) 006,51	1 EQUIPO DISPERSOR STD	1	1	1 (067)	40626,5	1	2	0,0	6,5	05/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(33) 006,51	1 EQUIPO DISPERSOR STD	1	1	1 (188)	40626,5	1	2	0,0	6,5	05/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(9) 005,21	1 EQUIPO DISPERSOR STD	1	1	1 (045)	40627,8	1	2	0,0	5,2	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(50) 005,21	1 EQUIPO DISPERSOR STD	1	1	1 (089)	40627,8	1	2	0,0	5,2	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(47) 003,90	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (155)	40629,1	1	2	0,0	3,9	03/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(18) 001,18	17 REPARACIONES	x	1	121 (024)	40526,8	1	2	1,5	2,7	03/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(31) 001,18	17 REPARACIONES	x	1	121 (056)	40526,8	1	2	1,5	2,7	03/11/2010
01/11/2010	06/11/2010	(14) 001,64	15 REPUESTOS	x	1	118 (012)	40486,4	1	2	2,0	3,6	03/11/2010
01/11/2010	06/11/2010	(48) 001,06	15 REPUESTOS	x	1	119 (023)	40486,9	1	2	2,0	3,1	03/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(18) 001,18	17 REPARACIONES	x	1	121 (057)	40526,8	1	2	3,0	4,2	04/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(6) 000,59	17 REPARACIONES	x	1	121 (025)	40527,4	1	2	3,0	3,6	03/11/2010
03/11/2010	03/03/2011	(36) 015,14	14 TANQUE	x	1	2 (100)	40589,9	1	2	3,0	18,1	18/11/2010
03/11/2010	03/03/2011	(32) 006,31	14 TANQUE	x	1	2 (089)	40598,7	1	2	3,0	9,3	10/11/2010
01/11/2010	21/11/2010	(48) 002,16	15 REPUESTOS	x	1	120 (023)	40500,8	1	2	3,5	5,7	05/11/2010
01/11/2010	06/11/2010	(4) 001,64	15 REPUESTOS	x	1	118 (013)	40486,4	1	2	4,0	5,6	05/11/2010
01/11/2010	06/11/2010	(14) 001,06	15 REPUESTOS	x	1	119 (012)	40486,9	1	2	4,0	5,1	04/11/2010
04/11/2010	24/11/2010	(31) 001,03	17 REPARACIONES	x	1	125 (023)	40505,0	1	2	4,0	5,0	04/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(6) 000,59	17 REPARACIONES	x	1	121 (058)	40527,4	1	2	4,5	5,1	04/11/2010
04/11/2010	24/11/2010	(18) 001,03	17 REPARACIONES	x	1	125 (024)	40505,0	1	2	5,5	6,5	05/11/2010
04/11/2010	24/11/2010	(31) 001,03	17 REPARACIONES	x	1	125 (056)	40505,0	1	2	5,5	6,5	05/11/2010
03/11/2010	03/03/2011	(50) 003,79	14 TANQUE	x	1	2 (056)	40601,2	1	2	5,5	9,3	10/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(9) 005,21	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (056)	40627,8	1	2	5,5	10,7	11/11/2010
01/11/2010	06/11/2010	(14) 001,64	15 REPUESTOS	x	1	118 (001)	40486,4	1	2	6,0	7,6	08/11/2010
01/11/2010	06/11/2010	(4) 001,06	15 REPUESTOS	x	1	119 (013)	40486,9	1	2	6,0	7,1	08/11/2010
05/11/2010	10/11/2010	(48) 000,40	15 REPUESTOS	x	1	129 (023)	40491,6	1	2	6,0	6,4	05/11/2010
03/11/2010	23/11/2010	(48) 000,60	15 REPUESTOS	x	1	124 (023)	40504,4	1	2	6,5	7,1	08/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(33) 007,81	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (046)	40625,2	1	2	6,5	14,3	15/11/2010

...

A 7.2 (ii) Regla de secuenciación SPT

Ingreso	Due Date			es Op.	N° Operación	Prioridad	Disp.	Status	ti	ta/ta'	tf	
01/11/2010	16/12/2010	(48) 000,36	17 REPARACIONES	x	1	121 (067)	0,4	1	2	0,0	0,4	01/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(31) 001,18	17 REPARACIONES	x	1	121 (023)	1,2	1	2	0,0	1,2	01/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(50) 001,30	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (276)	1,3	1	2	0,0	1,3	01/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(47) 003,90	1 EQUIPO DISPERSOR STD	1	1	1 (155)	3,9	1	2	0,0	3,9	03/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(10) 005,21	1 EQUIPO DISPERSOR STD	1	1	1 (034)	5,2	1	2	0,0	5,2	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(9) 005,21	1 EQUIPO DISPERSOR STD	1	1	1 (045)	5,2	1	2	0,0	5,2	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(33) 005,21	1 EQUIPO DISPERSOR STD	1	1	1 (111)	5,2	1	2	0,0	5,2	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(30) 005,21	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (210)	5,2	1	2	0,0	5,2	04/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(48) 000,59	17 REPARACIONES	x	1	121 (034)	0,6	1	2	0,5	1,1	01/11/2010
01/11/2010	06/11/2010	(48) 001,06	15 REPUESTOS	x	1	119 (023)	1,1	1	2	1,5	2,6	02/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(18) 001,18	17 REPARACIONES	x	1	121 (024)	1,2	1	2	1,5	2,7	03/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(31) 001,18	17 REPARACIONES	x	1	121 (056)	1,2	1	2	1,5	2,7	03/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(50) 001,30	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (287)	1,3	1	2	1,5	2,8	03/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(6) 000,59	17 REPARACIONES	x	1	121 (025)	0,6	1	2	3,0	3,6	03/11/2010
03/11/2010	23/11/2010	(48) 000,60	15 REPUESTOS	x	1	124 (023)	0,6	1	2	3,0	3,6	03/11/2010
01/11/2010	06/11/2010	(14) 001,06	15 REPUESTOS	x	1	119 (012)	1,1	1	2	3,0	4,1	04/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(18) 001,18	17 REPARACIONES	x	1	121 (057)	1,2	1	2	3,0	4,2	04/11/2010
03/11/2010	03/03/2011	(50) 002,52	14 TANQUE	x	1	2 (078)	2,5	1	2	3,0	5,5	05/11/2010
03/11/2010	03/03/2011	(32) 006,31	14 TANQUE	1	1	2 (089)	6,3	1	2	3,0	9,3	10/11/2010
03/11/2010	03/03/2011	(36) 011,36	14 TANQUE	x	1	2 (034)	11,4	1	2	3,0	14,4	15/11/2010
04/11/2010	24/11/2010	(48) 000,31	17 REPARACIONES	x	1	125 (067)	0,3	1	2	4,0	4,3	04/11/2010
04/11/2010	24/11/2010	(31) 001,03	17 REPARACIONES	x	1	125 (023)	1,0	1	2	4,0	5,0	04/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(16) 001,18	17 REPARACIONES	x	1	121 (012)	1,2	1	2	4,0	5,2	04/11/2010
04/11/2010	04/12/2010	(48) 000,31	17 REPARACIONES	x	1	127 (067)	0,3	1	2	4,5	4,8	04/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(6) 000,59	17 REPARACIONES	x	1	121 (058)	0,6	1	2	4,5	5,1	04/11/2010
03/11/2010	23/11/2010	(14) 000,60	15 REPUESTOS	x	1	124 (012)	0,6	1	2	4,5	5,1	04/11/2010
01/11/2010	06/11/2010	(4) 001,06	15 REPUESTOS	x	1	119 (013)	1,1	1	2	4,5	5,6	05/11/2010
04/11/2010	18/01/2011	(48) 000,45	17 REPARACIONES	x	1	126 (067)	0,5	1	2	5,0	5,5	05/11/2010
05/11/2010	25/11/2010	(48) 000,31	17 REPARACIONES	x	1	128 (067)	0,3	1	2	5,5	5,8	05/11/2010
04/11/2010	24/11/2010	(18) 001,03	17 REPARACIONES	x	1	125 (024)	1,0	1	2	5,5	6,5	05/11/2010

...

A 7.2 (iii) Regla de secuenciación LPT

Ingreso	Due Date			es Op.	N° Operación	Prioridad	Disp.	Status	t _i	ta/tf	tf	
01/11/2010	31/03/2011	(10) 006,51	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (023)	-6,5	1	2	0,0	6,5	05/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(30) 006,51	1 EQUIPO DISPERSOR STD		1	1 (067)	-6,5	1	2	0,0	6,5	05/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(33) 006,51	1 EQUIPO DISPERSOR STD		1	1 (188)	-6,5	1	2	0,0	6,5	05/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(9) 005,21	1 EQUIPO DISPERSOR STD		1	1 (045)	-5,2	1	2	0,0	5,2	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(50) 005,21	1 EQUIPO DISPERSOR STD		1	1 (089)	-5,2	1	2	0,0	5,2	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(48) 003,90	1 EQUIPO DISPERSOR STD		1	1 (133)	-3,9	1	2	0,0	3,9	03/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(47) 003,90	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (155)	-3,9	1	2	0,0	3,9	03/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(31) 001,18	17 REPARACIONES	x	1	121 (023)	-1,2	1	2	0,0	1,2	01/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(18) 001,18	17 REPARACIONES		1	121 (024)	-1,2	1	2	1,5	2,7	03/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(31) 001,18	17 REPARACIONES	x	1	121 (056)	-1,2	1	2	1,5	2,7	03/11/2010
03/11/2010	03/03/2011	(36) 015,14	14 TANQUE	x	1	2 (100)	-15,1	1	2	3,0	18,1	18/11/2010
03/11/2010	03/03/2011	(32) 006,31	14 TANQUE	x	1	2 (089)	-6,3	1	2	3,0	9,3	10/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(18) 001,18	17 REPARACIONES	x	1	121 (057)	-1,2	1	2	3,0	4,2	04/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(6) 000,59	17 REPARACIONES	x	1	121 (025)	-0,6	1	2	3,0	3,6	03/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(48) 002,60	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (166)	-2,6	1	2	4,0	6,6	08/11/2010
04/11/2010	18/01/2011	(31) 001,51	17 REPARACIONES	x	1	126 (023)	-1,5	1	2	4,0	5,5	05/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(6) 000,59	17 REPARACIONES	x	1	121 (058)	-0,6	1	2	4,5	5,1	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(9) 005,21	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (056)	-5,2	1	2	5,5	10,7	11/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(50) 003,90	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (309)	-3,9	1	2	5,5	9,4	10/11/2010
04/11/2010	18/01/2011	(18) 001,51	17 REPARACIONES	x	1	126 (024)	-1,5	1	2	6,0	7,5	08/11/2010
04/11/2010	18/01/2011	(31) 001,51	17 REPARACIONES	x	1	126 (056)	-1,5	1	2	6,0	7,5	08/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(33) 007,81	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (046)	-7,8	1	2	6,5	14,3	15/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(30) 006,51	1 EQUIPO DISPERSOR STD		1	1 (078)	-6,5	1	2	6,5	13,0	12/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(10) 005,21	1 EQUIPO DISPERSOR STD		1	1 (034)	-5,2	1	2	6,5	11,7	11/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(28) 003,90	1 EQUIPO DISPERSOR STD		1	1 (024)	-3,9	1	2	6,5	10,4	10/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(17) 003,90	1 EQUIPO DISPERSOR STD		1	1 (068)	-3,9	1	2	6,5	10,4	10/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(2) 002,60	1 EQUIPO DISPERSOR STD	x	1	1 (189)	-2,6	1	2	6,5	9,1	09/11/2010
07/11/2010	06/05/2011	(5) 004,50	4 EQUIPO ENVASADOR STD	x	1	3 (045)	-4,5	1	2	7,0	11,5	11/11/2010
07/11/2010	06/05/2011	(48) 002,25	4 EQUIPO ENVASADOR STD		1	3 (144)	-2,3	1	2	7,0	9,3	10/11/2010
07/11/2010	06/05/2011	(47) 002,25	4 EQUIPO ENVASADOR STD	x	1	3 (155)	-2,3	1	2	7,0	9,3	10/11/2010

...

A 7.2 (iv) Regla de secuenciación LEPT

Ingreso	Due Date		EPT	es Op.	N° Operación	Prioridad	Disp.	Status	t _i	ta/tf	tf		
01/11/2010	31/03/2011	(33) 005,21	1 EQUIPO DISF	62,5	x	1	1 (111)	-62473,9	1	2	0,0	5,2	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(30) 006,51	1 EQUIPO DISF	62,5		1	1 (265)	-62473,8	1	2	0,0	6,5	05/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(50) 003,90	1 EQUIPO DISF	62,5	1	1	1 (331)	-62472,7	1	2	0,0	3,9	03/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(10) 005,21	1 EQUIPO DISF	62,5	1	1	1 (034)	-62472,3	1	2	0,0	5,2	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(48) 002,60	1 EQUIPO DISF	62,5	1	1	1 (166)	-62471,5	1	2	0,0	2,6	02/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(9) 005,21	1 EQUIPO DISF	62,5	1	1	1 (100)	-62471,4	1	2	0,0	5,2	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(47) 003,90	1 EQUIPO DISF	62,5	x	1	1 (155)	-62471,2	1	2	0,0	3,9	03/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(31) 001,18	17 REPARACIONES	7,9	x	1	121 (056)	-7911,5	1	2	0,0	1,2	01/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(18) 001,18	17 REPARACIONES	7,9		1	121 (057)	-7913,9	1	2	1,5	2,7	03/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(31) 001,18	17 REPARACIONES	7,9	x	1	121 (023)	-7910,6	1	2	1,5	2,7	03/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(48) 003,90	1 EQUIPO DISF	62,5	x	1	1 (133)	-62476,3	1	2	3,0	6,9	08/11/2010
03/11/2010	03/03/2011	(32) 006,31	14 TANQUE	60,6	x	1	2 (089)	-60585,2	1	2	3,0	9,3	10/11/2010
03/11/2010	03/03/2011	(36) 015,14	14 TANQUE	60,6	x	1	2 (100)	-60580,6	1	2	3,0	18,1	18/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(6) 000,59	17 REPARACIONES	7,9	x	1	121 (058)	-7916,5	1	2	3,0	3,6	03/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(18) 001,18	17 REPARACIONES	7,9	x	1	121 (024)	-7912,6	1	2	3,0	4,2	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(16) 005,21	1 EQUIPO DISF	62,5	x	1	1 (320)	-62474,0	1	2	4,0	9,2	10/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(50) 002,60	1 EQUIPO DISF	62,5	x	1	1 (243)	-62471,6	1	2	4,0	6,6	08/11/2010
04/11/2010	18/01/2011	(31) 001,51	17 REPARACIONES	10,1	x	1	126 (023)	-10107,8	1	2	4,0	5,5	05/11/2010
01/11/2010	16/12/2010	(6) 000,59	17 REPARACIONES	7,9	x	1	121 (025)	-7911,5	1	2	4,5	5,1	04/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(9) 005,21	1 EQUIPO DISF	62,5	x	1	1 (056)	-62475,2	1	2	5,5	10,7	11/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(10) 006,51	1 EQUIPO DISF	62,5	1	1	1 (023)	-62473,9	1	2	5,5	12,0	12/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(2) 002,60	1 EQUIPO DISF	62,5	1	1	1 (112)	-62472,7	1	2	5,5	8,1	09/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(33) 006,51	1 EQUIPO DISF	62,5	1	1	1 (188)	-62471,2	1	2	5,5	12,0	12/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(28) 002,60	1 EQUIPO DISF	62,5	x	1	1 (035)	-62471,0	1	2	5,5	8,1	09/11/2010
04/11/2010	18/01/2011	(18) 001,51	17 REPARACIONES	10,1	x	1	126 (024)	-10103,9	1	2	6,0	7,5	08/11/2010
04/11/2010	18/01/2011	(31) 001,51	17 REPARACIONES	10,1	x	1	126 (056)	-10102,6	1	2	6,0	7,5	08/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(17) 003,90	1 EQUIPO DISF	62,5	x	1	1 (266)	-62472,7	1	2	6,5	10,4	10/11/2010
01/11/2010	31/03/2011	(30) 006,51	1 EQUIPO DISF	62,5	x	1	1 (078)	-62472,3	1	2	6,5	13,0	12/11/2010
07/11/2010	06/05/2011	(5) 004,50	4 EQUIPO ENV	92,3	x	1	3 (045)	-92346,8	1	2	7,0	11,5	11/11/2010
07/11/2010	06/05/2011	(48) 002,25	4 EQUIPO ENV	92,3	1	1	3 (166)	-92346,8	1	2	7,0	9,3	10/11/2010

...

(a fines de ejemplificar, sólo se muestran los primeros eventos de la corrida)

Anexo 7.3 – Diagramas de Gantt integrales para todas las tareas programadas, diferenciados por reglas de secuenciación

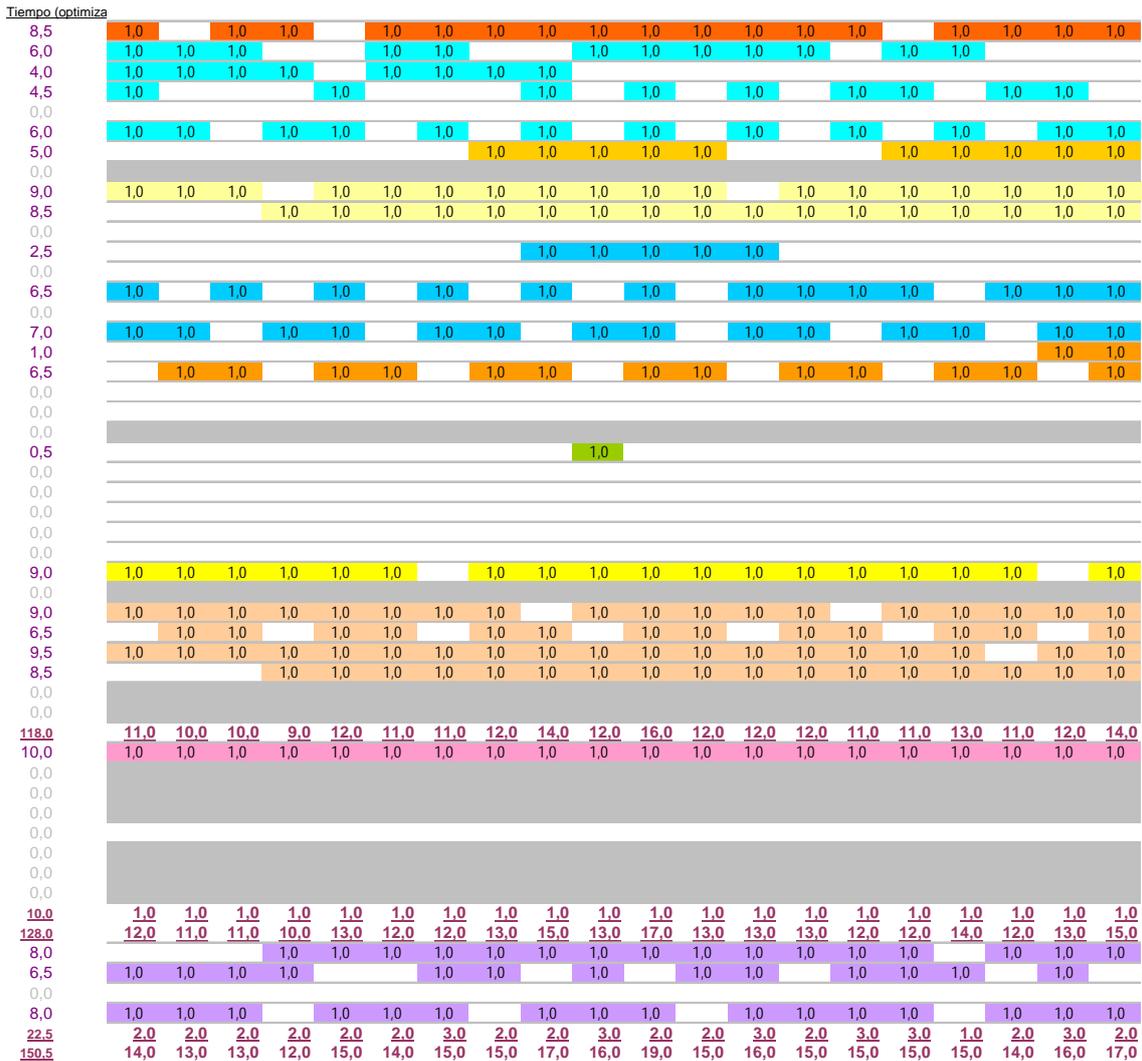
Ejemplo (i): Escenario Esperado EE11

A 7.3 (i) Regla de secuenciación EDD

Sector	Proceso	Equipo / Puesto	Contar Ops.	Tiempo	% Ocupación		
1 Radial	Ag	Agujereado	Ra11	1	423	7,5	75,00%
2 Banco	Aj	Ajuste	Ba11	2	797	4,0	40,00%
3 Banco	Aj	Ajuste	Ba12	3	317	9,0	90,00%
4 Banco	Aj	Ajuste	Ba13	4	1675	7,0	70,00%
5 Banco	Aj	Ajuste	Ba14	5	355	7,0	70,00%
6 Banco	Aj	Ajuste	Ba15	6	1720	5,0	50,00%
7 Cepillo	Ce	Cepillado	Ce11	7	168	4,0	40,00%
8 Cepillo	Ce	Cepillado	Ce12	8	0	0,0	0,00%
9 Calderería	Co	Corte	Ca11	9	269	9,0	90,00%
10 Calderería	Co	Corte	Ca12	10	90	8,5	85,00%
11 Embalaje	Em	Embalaje	Em11	11	94	0,5	5,00%
12 Banco	En	Ensamble	Ba21	12	201	5,0	50,00%
13 Banco	En	Ensamble	Ba22	13	69	0,0	0,00%
14 Banco	En	Ensamble	Ba23	14	1369	7,0	70,00%
15 Banco	En	Ensamble	Ba24	15	124	0,0	0,00%
16 Banco	En	Ensamble	Ba25	16	1143	9,0	90,00%
17 Fresadora	Fr	Fresado	Fr11	17	302	9,0	90,00%
18 Fresadora	Fr	Fresado	Fr12	18	1054	8,5	85,00%
19 Montaje	Mo	Montaje	Mo11	19	120	8,0	80,00%
20 Montaje	Mo	Montaje	Mo12	20	82	0,0	0,00%
21 Montaje	Mo	Montaje	Mo13	21	0	0,0	0,00%
22 Pintura	Pi	Pintura	Pi11	22	461	3,5	35,00%
23 Banco	Pr	Prueba	Ba31	23	42	2,5	25,00%
24 Banco	Pr	Prueba	Ba32	24	26	0,0	0,00%
25 Banco	Pr	Prueba	Ba33	25	381	0,0	0,00%
26 Banco	Pr	Prueba	Ba34	26	10	0,0	0,00%
27 Banco	Pr	Prueba	Ba35	27	111	4,0	40,00%
28 Calderería	So	Soldadura	Ca21	28	241	9,0	90,00%
29 Calderería	So	Soldadura	Ca22	29	0	0,0	0,00%
30 Tornería	To	Torneado	To11	30	242	9,0	90,00%
31 Tornería	To	Torneado	To12	31	1420	8,0	80,00%
32 Tornería	To	Torneado	To13	32	157	9,5	95,00%
33 Tornería	Tp	Torneado	Tp21	33	128	8,5	85,00%
34 Tornería	Tp	Torneado	Tp22	34	0	0,0	0,00%
35 Tornería	Tp	Torneado	Tp23	35	0	0,0	0,00%
Subtotal Fabricación Int.			30	13591	162,0	54,00%	
36 Ext. Caldererí	Zc	Corte y Sold.	Zc01	36	106	10,0	100,00%
37 Ext. Caldererí	Zc	Corte y Sold.	Zc02	37	0	0,0	0,00%
38 Ext. Ensamble	Ze	Ensamble y Aj.	Ze01	38	0	0,0	0,00%
39 Ext. Ensamble	Ze	Ensamble y Aj.	Ze02	39	0	0,0	0,00%
40 Ext. Montaje	Zm	Montaje y Aj.	Zm01	40	40	0,0	0,00%
41 Ext. Montaje	Zm	Montaje y Aj.	Zm02	41	0	0,0	0,00%
42 Ext. Mecaniza	Zt	Mecanizado	Zt01	42	0	0,0	0,00%
43 Ext. Mecaniza	Zt	Mecanizado	Zt02	43	0	0,0	0,00%
Subtotal Fabricación Ext.			2	146	10,0	50,00%	
Subtotal Fabricación			32	13737	172,0	53,75%	
47 Stock	Xf	Stock fabricado	Xf0	47	83	8,0	80,00%
48 Stock	Xy	Stock compra	Xy0	48	1853	6,5	65,00%
49 Compra	Yi	Compra Impo	Yi0	49	6	0,0	0,00%
50 Compra	Yl	Compra Local	Yl0	50	509	8,0	80,00%
Subtotal Abastecimiento			4	2451	22,5	56,25%	
Total			36	16188	194,5	54,03%	

A 7.3 (ii) Regla de secuenciación SPT

Sector	Proceso	Equipo / Puesto	Contar Ops.	Tiempo	% Ocupación		
1 Radial	Ag	Agujereado	Ra11	1	423	8,5	85,00%
2 Banco	Aj	Ajuste	Ba11	2	797	6,0	60,00%
3 Banco	Aj	Ajuste	Ba12	3	317	4,0	40,00%
4 Banco	Aj	Ajuste	Ba13	4	1675	4,5	45,00%
5 Banco	Aj	Ajuste	Ba14	5	355	0,0	0,00%
6 Banco	Aj	Ajuste	Ba15	6	1720	6,0	60,00%
7 Cepillo	Ce	Cepillado	Ce11	7	168	5,0	50,00%
8 Cepillo	Ce	Cepillado	Ce12	8	0	0,0	0,00%
9 Calderería	Co	Corte	Ca11	9	269	9,0	90,00%
10 Calderería	Co	Corte	Ca12	10	90	8,5	85,00%
11 Embalaje	Em	Embalaje	Em11	11	94	0,0	0,00%
12 Banco	En	Ensamble	Ba21	12	201	2,5	25,00%
13 Banco	En	Ensamble	Ba22	13	69	0,0	0,00%
14 Banco	En	Ensamble	Ba23	14	1369	6,5	65,00%
15 Banco	En	Ensamble	Ba24	15	124	0,0	0,00%
16 Banco	En	Ensamble	Ba25	16	1143	7,0	70,00%
17 Fresadora	Fr	Fresado	Fr11	17	302	1,0	10,00%
18 Fresadora	Fr	Fresado	Fr12	18	1054	6,5	65,00%
19 Montaje	Mo	Montaje	Mo11	19	120	0,0	0,00%
20 Montaje	Mo	Montaje	Mo12	20	82	0,0	0,00%
21 Montaje	Mo	Montaje	Mo13	21	0	0,0	0,00%
22 Pintura	Pi	Pintura	Pi11	22	461	0,5	5,00%
23 Banco	Pr	Prueba	Ba31	23	42	0,0	0,00%
24 Banco	Pr	Prueba	Ba32	24	26	0,0	0,00%
25 Banco	Pr	Prueba	Ba33	25	381	0,0	0,00%
26 Banco	Pr	Prueba	Ba34	26	10	0,0	0,00%
27 Banco	Pr	Prueba	Ba35	27	111	0,0	0,00%
28 Calderería	So	Soldadura	Ca21	28	241	9,0	90,00%
29 Calderería	So	Soldadura	Ca22	29	0	0,0	0,00%
30 Tornería	To	Torneado	To11	30	242	9,0	90,00%
31 Tornería	To	Torneado	To12	31	1420	6,5	65,00%
32 Tornería	To	Torneado	To13	32	157	9,5	95,00%
33 Tornería	Tp	Torneado	Tp21	33	128	8,5	85,00%
34 Tornería	Tp	Torneado	Tp22	34	0	0,0	0,00%
35 Tornería	Tp	Torneado	Tp23	35	0	0,0	0,00%
Subtotal Fabricación Int.			30	13591	118,0	39,33%	
36 Ext. Caldereri	Zc	Corte y Sold.	Zc01	36	106	10,0	100,00%
37 Ext. Caldereri	Zc	Corte y Sold.	Zc02	37	0	0,0	0,00%
38 Ext. Ensamble	Ze	Ensamble y Aj.	Ze01	38	0	0,0	0,00%
39 Ext. Ensamble	Ze	Ensamble y Aj.	Ze02	39	0	0,0	0,00%
40 Ext. Montaje	Zm	Montaje y Aj.	Zm01	40	40	0,0	0,00%
41 Ext. Montaje	Zm	Montaje y Aj.	Zm02	41	0	0,0	0,00%
42 Ext. Mecaniza	Zt	Mecanizado	Zt01	42	0	0,0	0,00%
43 Ext. Mecaniza	Zt	Mecanizado	Zt02	43	0	0,0	0,00%
Subtotal Fabricación Ext.			2	146	10,0	50,00%	
Subtotal Fabricación			32	13737	128,0	40,00%	
47 Stock	Xf	Stock fabricado	Xf0	47	83	8,0	80,00%
48 Stock	Xy	Stock compra	Xy0	48	1853	6,5	65,00%
49 Compra	Yi	Compra Impo	Yi0	49	6	0,0	0,00%
50 Compra	Yl	Compra Local	Yl0	50	509	8,0	80,00%
Subtotal Abastecimiento			4	2451	22,5	56,25%	
Total			36	16188	150,5	41,81%	



t = 100 100,5 101,0 101,5 102,0 102,5 103,0 103,5 104,0 104,5 105,0 105,5 106,0 106,5 107,0 107,5 108,0 108,5 109,0 109,5 110,0

...
 (a fines de ejemplificar, sólo se muestra un rango acotado de tiempos extraído de todo el período que abarca la corrida)

A 7.3 (ii) Regla de secuenciación LPT

Sector	Proceso	Equipo / Puesto	Contar Ops.	Tiempo	% Ocupación		
1 Radial	Ag	Agujereado	Ra11	1	423	9,0	90,00%
2 Banco	Aj	Ajuste	Ba11	2	797	8,5	85,00%
3 Banco	Aj	Ajuste	Ba12	3	317	8,5	85,00%
4 Banco	Aj	Ajuste	Ba13	4	1675	0,0	0,00%
5 Banco	Aj	Ajuste	Ba14	5	355	8,5	85,00%
6 Banco	Aj	Ajuste	Ba15	6	1720	0,0	0,00%
7 Cepillo	Ce	Cepillado	Ce11	7	168	0,0	0,00%
8 Cepillo	Ce	Cepillado	Ce12	8	0	0,0	0,00%
9 Calderería	Co	Corte	Ca11	9	269	9,5	95,00%
10 Calderería	Co	Corte	Ca12	10	90	8,5	85,00%
11 Embalaje	Em	Embalaje	Em11	11	94	0,0	0,00%
12 Banco	En	Ensamble	Ba21	12	201	2,0	20,00%
13 Banco	En	Ensamble	Ba22	13	69	0,0	0,00%
14 Banco	En	Ensamble	Ba23	14	1369	0,0	0,00%
15 Banco	En	Ensamble	Ba24	15	124	3,5	35,00%
16 Banco	En	Ensamble	Ba25	16	1143	9,5	95,00%
17 Fresadora	Fr	Fresado	Fr11	17	302	9,0	90,00%
18 Fresadora	Fr	Fresado	Fr12	18	1054	2,5	25,00%
19 Montaje	Mo	Montaje	Mo11	19	120	9,5	95,00%
20 Montaje	Mo	Montaje	Mo12	20	82	0,0	0,00%
21 Montaje	Mo	Montaje	Mo13	21	0	0,0	0,00%
22 Pintura	Pi	Pintura	Pi11	22	461	0,0	0,00%
23 Banco	Pr	Prueba	Ba31	23	42	1,0	10,00%
24 Banco	Pr	Prueba	Ba32	24	26	0,0	0,00%
25 Banco	Pr	Prueba	Ba33	25	381	0,0	0,00%
26 Banco	Pr	Prueba	Ba34	26	10	0,0	0,00%
27 Banco	Pr	Prueba	Ba35	27	111	5,0	50,00%
28 Calderería	So	Soldadura	Ca21	28	241	4,5	45,00%
29 Calderería	So	Soldadura	Ca22	29	0	0,0	0,00%
30 Tornería	To	Torneado	To11	30	242	9,5	95,00%
31 Tornería	To	Torneado	To12	31	1420	8,5	85,00%
32 Tornería	To	Torneado	To13	32	157	9,5	95,00%
33 Tornería	Tp	Torneado	Tp21	33	128	9,5	95,00%
34 Tornería	Tp	Torneado	Tp22	34	0	0,0	0,00%
35 Tornería	Tp	Torneado	Tp23	35	0	0,0	0,00%
Subtotal Fabricación Int.			30	13591	136,0	45,33%	
36 Ext. Caldereri	Zc	Corte y Sold.	Zc01	36	106	9,5	95,00%
37 Ext. Caldereri	Zc	Corte y Sold.	Zc02	37	0	0,0	0,00%
38 Ext. Ensamble	Ze	Ensamble y Aj.	Ze01	38	0	0,0	0,00%
39 Ext. Ensamble	Ze	Ensamble y Aj.	Ze02	39	0	0,0	0,00%
40 Ext. Montaje	Zm	Montaje y Aj.	Zm01	40	40	0,0	0,00%
41 Ext. Montaje	Zm	Montaje y Aj.	Zm02	41	0	0,0	0,00%
42 Ext. Mecaniza	Zt	Mecanizado	Zt01	42	0	0,0	0,00%
43 Ext. Mecaniza	Zt	Mecanizado	Zt02	43	0	0,0	0,00%
Subtotal Fabricación Ext.			2	146	9,5	47,50%	
Subtotal Fabricación			32	13737	145,5	45,47%	
47 Stock	Xf	Stock fabricado	Xf0	47	83	8,0	80,00%
48 Stock	Xy	Stock compra	Xy0	48	1853	9,0	90,00%
49 Compra	Yi	Compra Impo	Yi0	49	6	0,0	0,00%
50 Compra	Yl	Compra Local	Yl0	50	509	9,5	95,00%
Subtotal Abastecimiento			4	2451	26,5	66,25%	
Total			36	16188	172,0	47,78%	

A 7.3 (iv) Regla de secuenciación LEPT

Sector	Proceso	Equipo / Puesto	Contar Ops.	Tiempo	% Ocupación		
1 Radial	Ag	Agujereado	Ra11	1	423	9,0	90,00%
2 Banco	Aj	Ajuste	Ba11	2	797	7,5	75,00%
3 Banco	Aj	Ajuste	Ba12	3	317	9,5	95,00%
4 Banco	Aj	Ajuste	Ba13	4	1675	0,0	0,00%
5 Banco	Aj	Ajuste	Ba14	5	355	8,0	80,00%
6 Banco	Aj	Ajuste	Ba15	6	1720	0,0	0,00%
7 Cepillo	Ce	Cepillado	Ce11	7	168	9,0	90,00%
8 Cepillo	Ce	Cepillado	Ce12	8	0	0,0	0,00%
9 Calderería	Co	Corte	Ca11	9	269	9,0	90,00%
10 Calderería	Co	Corte	Ca12	10	90	8,5	85,00%
11 Embalaje	Em	Embalaje	Em11	11	94	0,0	0,00%
12 Banco	En	Ensamble	Ba21	12	201	4,0	40,00%
13 Banco	En	Ensamble	Ba22	13	69	0,0	0,00%
14 Banco	En	Ensamble	Ba23	14	1369	0,0	0,00%
15 Banco	En	Ensamble	Ba24	15	124	8,0	80,00%
16 Banco	En	Ensamble	Ba25	16	1143	0,0	0,00%
17 Fresadora	Fr	Fresado	Fr11	17	302	9,0	90,00%
18 Fresadora	Fr	Fresado	Fr12	18	1054	5,0	50,00%
19 Montaje	Mo	Montaje	Mo11	19	120	9,5	95,00%
20 Montaje	Mo	Montaje	Mo12	20	82	0,0	0,00%
21 Montaje	Mo	Montaje	Mo13	21	0	0,0	0,00%
22 Pintura	Pi	Pintura	Pi11	22	461	0,0	0,00%
23 Banco	Pr	Prueba	Ba31	23	42	1,5	15,00%
24 Banco	Pr	Prueba	Ba32	24	26	0,0	0,00%
25 Banco	Pr	Prueba	Ba33	25	381	0,0	0,00%
26 Banco	Pr	Prueba	Ba34	26	10	0,0	0,00%
27 Banco	Pr	Prueba	Ba35	27	111	1,5	15,00%
28 Calderería	So	Soldadura	Ca21	28	241	9,0	90,00%
29 Calderería	So	Soldadura	Ca22	29	0	0,0	0,00%
30 Tornería	To	Torneado	To11	30	242	9,5	95,00%
31 Tornería	To	Torneado	To12	31	1420	7,5	75,00%
32 Tornería	To	Torneado	To13	32	157	9,5	95,00%
33 Tornería	Tp	Torneado	Tp21	33	128	8,5	85,00%
34 Tornería	Tp	Torneado	Tp22	34	0	0,0	0,00%
35 Tornería	Tp	Torneado	Tp23	35	0	0,0	0,00%
Subtotal Fabricación Int.			30	13591	143,0	47,67%	
36 Ext. Caldereri	Zc	Corte y Sold.	Zc01	36	106	9,5	95,00%
37 Ext. Caldereri	Zc	Corte y Sold.	Zc02	37	0	0,0	0,00%
38 Ext. Ensamble	Ze	Ensamble y Aj.	Ze01	38	0	0,0	0,00%
39 Ext. Ensamble	Ze	Ensamble y Aj.	Ze02	39	0	0,0	0,00%
40 Ext. Montaje	Zm	Montaje y Aj.	Zm01	40	40	0,0	0,00%
41 Ext. Montaje	Zm	Montaje y Aj.	Zm02	41	0	0,0	0,00%
42 Ext. Mecaniza	Zt	Mecanizado	Zt01	42	0	0,0	0,00%
43 Ext. Mecaniza	Zt	Mecanizado	Zt02	43	0	0,0	0,00%
Subtotal Fabricación Ext.			2	146	9,5	47,50%	
Subtotal Fabricación			32	13737	152,5	47,66%	
47 Stock	Xf	Stock fabricado	Xf0	47	83	8,0	80,00%
48 Stock	Xy	Stock compra	Xy0	48	1853	9,5	95,00%
49 Compra	Yi	Compra Impo	Yi0	49	6	0,0	0,00%
50 Compra	Yl	Compra Local	Yl0	50	509	8,0	80,00%
Subtotal Abastecimiento			4	2451	25,5	63,75%	
Total			36	16188	178,0	49,44%	

Anexo 7.4 – Matriz de eventos con tiempos de ejecución totales asignados de acuerdo con las reglas de secuenciación predeterminadas, para todos los escenarios

Ejemplo (i): Escenario Esperado EE11

A 7.4 (i) Regla de secuenciación EDD

Data	Modelo	Tipo	Ingreso	Due Date	tiempo flujo			Finalización	tiempo flujo /			
					teórico	ti	ta/lf		efectivo	t. flujo efectivo / t. flujo teórico	(anticipación) / retraso	plazo efectivo / plazo teórico
1	1	EQUIPO DISPERSOR STD	01/11/2010	31/03/2011		0,0	6,5	05/11/2010				
1	1	EQUIPO DISPERSOR STD	01/11/2010	31/03/2011	62,5	678,5	681,1	02/05/2011	681,1	10,9	32,0	1,2
2	14	TANQUE	03/11/2010	03/03/2011		3,0	9,3	10/11/2010				
2	14	TANQUE	03/11/2010	03/03/2011	60,6	220,0	223,8	08/02/2011	220,8	3,6	-23,0	0,8
3	4	EQUIPO ENVASADOR STD	07/11/2010	06/05/2011		7,0	11,5	11/11/2010				
3	4	EQUIPO ENVASADOR STD	07/11/2010	06/05/2011	92,3	881,0	885,5	30/05/2011	878,5	9,5	24,0	1,1
4	14	TANQUE	10/11/2010	10/03/2011		9,5	15,8	17/11/2010				
4	14	TANQUE	10/11/2010	10/03/2011	60,8	286,5	290,3	01/03/2011	280,8	4,6	-9,0	0,9
5	14	TANQUE	13/11/2010	11/02/2011		16,0	21,6	24/11/2010				
5	14	TANQUE	13/11/2010	11/02/2011	53,6	103,0	106,4	23/12/2010	90,4	1,7	-50,0	0,4
6	5	EQUIPO ATRICCIÓN	15/11/2010	13/02/2011		14,5	21,0	23/11/2010				
6	5	EQUIPO ATRICCIÓN	15/11/2010	13/02/2011	62,0	415,5	418,1	21/03/2011	403,6	6,5	36,0	1,4
7	1	EQUIPO DISPERSOR STD	16/11/2010	16/03/2011		14,5	17,9	18/11/2010				
7	1	EQUIPO DISPERSOR STD	16/11/2010	16/03/2011	55,0	580,0	582,3	14/04/2011	567,8	10,3	29,0	1,2
8	12	EQUIPOS TINTING	18/11/2010	08/12/2010		19,0	22,8	25/11/2010				
8	12	EQUIPOS TINTING	18/11/2010	08/12/2010	10,7	97,0	100,8	21/12/2010	81,8	7,6	13,0	1,7
9	3	BOMBA	25/11/2010	08/02/2011		236,0	237,3	11/02/2011				
9	3	BOMBA	25/11/2010	08/02/2011	13,4	323,0	324,3	09/03/2011	88,3	6,6	29,0	1,4
10	9	MOLINO HORIZONTAL	26/11/2010	26/03/2011		24,0	30,9	01/12/2010				
10	9	MOLINO HORIZONTAL	26/11/2010	26/03/2011	66,5	641,0	643,3	26/04/2011	619,3	9,3	31,0	1,3
11	7	EQUIPO DISPERSOR ESP.	26/11/2010	24/06/2011		30,0	36,7	02/12/2010				
11	7	EQUIPO DISPERSOR ESP.	26/11/2010	24/06/2011	105,4	1141,0	1145,0	05/07/2011	1115,0	10,6	11,0	1,1
12	3	BOMBA	30/11/2010	13/02/2011		332,5	333,8	09/03/2011				
12	3	BOMBA	30/11/2010	13/02/2011	13,4	377,5	378,8	16/03/2011	46,3	3,5	31,0	1,4
13	12	EQUIPOS TINTING	02/12/2010	16/01/2011		34,5	37,2	02/12/2010				
13	12	EQUIPOS TINTING	02/12/2010	16/01/2011	13,1	208,0	210,7	03/02/2011	176,2	13,5	18,0	1,4
14	14	TANQUE	02/12/2010	02/03/2011		38,0	43,9	06/12/2010				
14	14	TANQUE	02/12/2010	02/03/2011	56,6	181,0	184,5	24/01/2011	146,5	2,6	-37,0	0,6
15	12	EQUIPOS TINTING	05/12/2010	03/02/2011		44,5	47,2	06/12/2010				
15	12	EQUIPOS TINTING	05/12/2010	03/02/2011	15,7	300,0	302,7	03/03/2011	258,2	16,4	28,0	1,5

A 7.4 (ii) Regla de secuenciación SPT

Data	Modelo	Tipo	Ingreso	Due Date	tiempo flujo			Finalización	tiempo flujo /			
					teórico	ti	ta/lf		efectivo	t. flujo efectivo / t. flujo teórico	(anticipación) / retraso	plazo efectivo / plazo teórico
1	1	EQUIPO DISPERSOR STD	01/11/2010	31/03/2011		0,0	5,2	04/11/2010				
1	1	EQUIPO DISPERSOR STD	01/11/2010	31/03/2011	62,5	2441,0	2443,6	17/04/2012	2443,6	39,1	383,0	3,6
2	14	TANQUE	03/11/2010	03/03/2011		3,0	14,4	15/11/2010				
2	14	TANQUE	03/11/2010	03/03/2011	60,6	648,5	652,3	27/04/2011	649,3	10,7	55,0	1,5
3	4	EQUIPO ENVASADOR STD	07/11/2010	06/05/2011		7,0	11,5	11/11/2010				
3	4	EQUIPO ENVASADOR STD	07/11/2010	06/05/2011	92,3	2691,5	2696,0	01/11/2012	2689,0	29,1	545,0	4,0
4	14	TANQUE	10/11/2010	10/03/2011		9,5	15,8	17/11/2010				
4	14	TANQUE	10/11/2010	10/03/2011	60,8	663,0	666,8	28/04/2011	657,3	10,8	49,0	1,4
5	14	TANQUE	13/11/2010	11/02/2011		14,5	24,5	26/11/2010				
5	14	TANQUE	13/11/2010	11/02/2011	53,6	323,5	326,9	09/03/2011	312,4	5,8	26,0	1,3
6	5	EQUIPO ATRICCIÓN	15/11/2010	13/02/2011		14,0	15,3	16/11/2010				
6	5	EQUIPO ATRICCIÓN	15/11/2010	13/02/2011	62,0	931,5	934,1	06/06/2011	920,1	14,8	113,0	2,3
7	1	EQUIPO DISPERSOR STD	16/11/2010	16/03/2011		14,5	17,9	18/11/2010				
7	1	EQUIPO DISPERSOR STD	16/11/2010	16/03/2011	55,0	2280,5	2282,8	30/12/2011	2268,3	41,2	289,0	3,4
8	12	EQUIPOS TINTING	18/11/2010	08/12/2010		236,5	240,3	14/02/2011				
8	12	EQUIPOS TINTING	18/11/2010	08/12/2010	10,7	2346,5	2350,3	13/02/2012	2113,8	197,6	432,0	22,6
9	3	BOMBA	25/11/2010	08/02/2011		307,0	308,3	03/03/2011				
9	3	BOMBA	25/11/2010	08/02/2011	13,4	442,5	443,8	28/03/2011	136,8	10,2	48,0	1,6
10	9	MOLINO HORIZONTAL	26/11/2010	26/03/2011		24,0	27,4	30/11/2010				
10	9	MOLINO HORIZONTAL	26/11/2010	26/03/2011	66,5	2163,0	2165,3	30/11/2011	2141,3	32,2	249,0	3,1
11	7	EQUIPO DISPERSOR ESP.	26/11/2010	24/06/2011		30,0	36,7	02/12/2010				
11	7	EQUIPO DISPERSOR ESP.	26/11/2010	24/06/2011	105,4	2879,0	2883,0	01/11/2012	2853,0	27,1	496,0	3,4
12	3	BOMBA	30/11/2010	13/02/2011		319,0	320,3	04/03/2011				
12	3	BOMBA	30/11/2010	13/02/2011	13,4	460,5	461,8	30/03/2011	142,8	10,7	45,0	1,6
13	12	EQUIPOS TINTING	02/12/2010	16/01/2011		85,5	88,2	17/12/2010				
13	12	EQUIPOS TINTING	02/12/2010	16/01/2011	13,1	2204,0	2206,7	12/12/2011	2121,2	161,9	330,0	8,3
14	14	TANQUE	02/12/2010	02/03/2011		40,5	51,1	07/12/2010				
14	14	TANQUE	02/12/2010	02/03/2011	56,6	525,0	528,5	07/04/2011	488,0	8,6	36,0	1,4
15	12	EQUIPOS TINTING	05/12/2010	03/02/2011		58,5	61,2	10/12/2010				
15	12	EQUIPOS TINTING	05/12/2010	03/02/2011	15,7	2113,5	2116,2	21/11/2011	2057,7	131,1	291,0	5,9

A 7.4 (iii) Regla de secuenciación LPT

Data	Modelo	Tipo	Ingreso	Due Date	tiempo flujo			Finalización	tiempo flujo / flujo efectivo / (anticipación) / plazo efectivo /				
					teórico	ti	ta/ta'		efectivo	t. flujo teórico	retaso	plazo teórico	
1	1	EQUIPO DISPERSOR STD	01/11/2010	31/03/2011		0,0	6,5	05/11/2010					
1	1	EQUIPO DISPERSOR STD	01/11/2010	31/03/2011	62,5	2517,0	2519,6	13/06/2012	2519,6	40,3	440,0	3,9	
2	14	TANQUE	03/11/2010	03/03/2011		3,0	9,3	10/11/2010					
2	14	TANQUE	03/11/2010	03/03/2011	60,6	2197,0	2200,8	09/12/2011	2197,8	36,3	281,0	3,3	
3	4	EQUIPO ENVASADOR STD	07/11/2010	06/05/2011		7,0	11,5	11/11/2010					
3	4	EQUIPO ENVASADOR STD	07/11/2010	06/05/2011	92,3	1770,5	1775,0	29/09/2011	1768,0	19,1	146,0	1,8	
4	14	TANQUE	10/11/2010	10/03/2011		9,5	15,8	17/11/2010					
4	14	TANQUE	10/11/2010	10/03/2011	60,8	2120,0	2123,8	22/11/2011	2114,3	34,8	257,0	3,1	
5	14	TANQUE	13/11/2010	11/02/2011		16,0	21,6	24/11/2010					
5	14	TANQUE	13/11/2010	11/02/2011	53,6	2494,0	2497,4	24/05/2012	2481,4	46,3	468,0	6,2	
6	5	EQUIPO ATRICCIÓN	15/11/2010	13/02/2011		22,5	29,0	01/12/2010					
6	5	EQUIPO ATRICCIÓN	15/11/2010	13/02/2011	62,0	2742,5	2745,1	01/11/2012	2722,6	43,9	627,0	8,0	
7	1	EQUIPO DISPERSOR STD	16/11/2010	16/03/2011		14,5	17,9	18/11/2010					
7	1	EQUIPO DISPERSOR STD	16/11/2010	16/03/2011	55,0	2589,0	2591,3	17/08/2012	2576,8	46,8	520,0	5,3	
8	12	EQUIPOS TINTING	18/11/2010	08/12/2010		18,0	21,8	24/11/2010					
8	12	EQUIPOS TINTING	18/11/2010	08/12/2010	10,7	494,0	497,8	04/04/2011	479,8	44,8	117,0	6,9	
9	3	BOMBA	25/11/2010	08/02/2011		428,5	429,8	23/03/2011					
9	3	BOMBA	25/11/2010	08/02/2011	13,4	1165,5	1166,8	07/07/2011	738,3	55,1	149,0	3,0	
10	9	MOLINO HORIZONTAL	26/11/2010	26/03/2011		24,0	28,6	01/12/2010					
10	9	MOLINO HORIZONTAL	26/11/2010	26/03/2011	66,5	2469,0	2471,3	08/05/2012	2447,3	36,8	409,0	4,4	
11	7	EQUIPO DISPERSOR ESP.	26/11/2010	24/06/2011		24,0	34,7	02/12/2010					
11	7	EQUIPO DISPERSOR ESP.	26/11/2010	24/06/2011	105,4	1135,0	1139,0	04/07/2011	1115,0	10,6	10,0	1,0	
12	3	BOMBA	30/11/2010	13/02/2011		448,0	449,3	28/03/2011					
12	3	BOMBA	30/11/2010	13/02/2011	13,4	1167,0	1168,3	07/07/2011	720,3	53,8	144,0	2,9	
13	12	EQUIPOS TINTING	02/12/2010	16/01/2011		42,0	44,7	06/12/2010					
13	12	EQUIPOS TINTING	02/12/2010	16/01/2011	13,1	930,0	932,7	06/06/2011	890,7	68,0	141,0	4,1	
14	14	TANQUE	02/12/2010	02/03/2011		34,0	48,2	06/12/2010					
14	14	TANQUE	02/12/2010	02/03/2011	56,6	2232,0	2235,5	19/12/2011	2201,5	38,9	292,0	4,2	
15	12	EQUIPOS TINTING	05/12/2010	03/02/2011		81,0	83,7	16/12/2010					
15	12	EQUIPOS TINTING	05/12/2010	03/02/2011	15,7	956,5	959,2	08/06/2011	878,2	55,9	125,0	3,1	

A 7.4 (iv) Regla de secuenciación LEPT

Data	Modelo	Tipo	Ingreso	Due Date	tiempo flujo			Finalización	tiempo flujo / flujo efectivo / (anticipación) / plazo efectivo /				
					teórico	ti	ta/ta'		efectivo	t. flujo teórico	retaso	plazo teórico	
1	1	EQUIPO DISPERSOR STD	01/11/2010	31/03/2011		0,0	5,2	04/11/2010					
1	1	EQUIPO DISPERSOR STD	01/11/2010	31/03/2011	62,5	689,5	692,1	03/05/2011	692,1	11,1	33,0	1,2	
2	14	TANQUE	03/11/2010	03/03/2011		3,0	9,3	10/11/2010					
2	14	TANQUE	03/11/2010	03/03/2011	60,6	1137,5	1141,3	04/07/2011	1138,3	18,8	123,0	2,0	
3	4	EQUIPO ENVASADOR STD	07/11/2010	06/05/2011		7,0	11,5	11/11/2010					
3	4	EQUIPO ENVASADOR STD	07/11/2010	06/05/2011	92,3	167,5	172,0	18/01/2011	165,0	1,8	-108,0	0,4	
4	14	TANQUE	10/11/2010	10/03/2011		9,5	15,8	17/11/2010					
4	14	TANQUE	10/11/2010	10/03/2011	60,8	1078,0	1081,8	27/06/2011	1072,3	17,6	109,0	1,9	
5	14	TANQUE	13/11/2010	11/02/2011		16,0	21,6	24/11/2010					
5	14	TANQUE	13/11/2010	11/02/2011	53,6	1559,0	1562,4	30/08/2011	1546,4	28,9	200,0	3,2	
6	5	EQUIPO ATRICCIÓN	15/11/2010	13/02/2011		13,5	14,8	16/11/2010					
6	5	EQUIPO ATRICCIÓN	15/11/2010	13/02/2011	62,0	705,0	707,6	04/05/2011	694,1	11,2	80,0	1,9	
7	1	EQUIPO DISPERSOR STD	16/11/2010	16/03/2011		14,5	17,9	18/11/2010					
7	1	EQUIPO DISPERSOR STD	16/11/2010	16/03/2011	55,0	1170,0	1172,3	07/07/2011	1157,8	21,0	113,0	1,9	
8	12	EQUIPOS TINTING	18/11/2010	08/12/2010		18,0	21,8	24/11/2010					
8	12	EQUIPOS TINTING	18/11/2010	08/12/2010	10,7	1918,0	1921,8	20/10/2011	1903,8	177,9	316,0	16,8	
9	3	BOMBA	25/11/2010	08/02/2011		22,5	23,8	26/11/2010					
9	3	BOMBA	25/11/2010	08/02/2011	13,4	1542,0	1543,3	29/08/2011	1520,8	113,5	202,0	3,7	
10	9	MOLINO HORIZONTAL	26/11/2010	26/03/2011		24,0	28,6	01/12/2010					
10	9	MOLINO HORIZONTAL	26/11/2010	26/03/2011	66,5	732,0	734,3	09/05/2011	710,3	10,7	44,0	1,4	
11	7	EQUIPO DISPERSOR ESP.	26/11/2010	24/06/2011		24,0	34,7	02/12/2010					
11	7	EQUIPO DISPERSOR ESP.	26/11/2010	24/06/2011	105,4	292,0	296,0	02/03/2011	272,0	2,6	-114,0	0,5	
12	3	BOMBA	30/11/2010	13/02/2011		29,0	30,3	01/12/2010					
12	3	BOMBA	30/11/2010	13/02/2011	13,4	1753,0	1754,3	27/09/2011	1725,3	128,8	226,0	4,0	
13	12	EQUIPOS TINTING	02/12/2010	16/01/2011		121,0	123,7	29/12/2010					
13	12	EQUIPOS TINTING	02/12/2010	16/01/2011	13,1	1851,0	1853,7	11/10/2011	1732,7	132,3	268,0	7,0	
14	14	TANQUE	02/12/2010	02/03/2011		378,0	388,6	17/03/2011					
14	14	TANQUE	02/12/2010	02/03/2011	56,6	1476,5	1480,0	19/08/2011	1102,0	19,5	170,0	2,9	
15	12	EQUIPOS TINTING	05/12/2010	03/02/2011		44,0	46,7	06/12/2010					
15	12	EQUIPOS TINTING	05/12/2010	03/02/2011	15,7	1848,0	1850,7	11/10/2011	1806,7	115,1	250,0	5,2	

|| Horacio Piantanida ||



Prof. Gustavo Vulcano
