

Diseño de un sistema de planeación agregada para la producción de envases metálicos en una empresa manufacturera de la ciudad de Chimbote

Guillermo Segundo Miñán Olivos¹. Henry Paul Miñán Olivos²

Resumen

Objetivo. Diseñar un sistema de planeación agregada para la producción de envases metálicos. **Materiales y métodos.** Se evaluó los pronósticos históricos para determinar su grado de acierto con respecto a las ventas reales. Se evaluó la relación de las ventas reales en función al tiempo calculando el coeficiente de determinación para regresiones de tipo lineal y no lineal. Se evaluaron pronósticos con promedio móvil y suavizado exponencial. Utilizando la señal de rastreo de los pronósticos, incluyendo los históricos, se evaluó cuál era la técnica estadística que mayor grado de acierto lograba al predecir el comportamiento de la demanda. Se elaboraron planes agregados con estrategias de persecución, nivelación, subcontratación y uso de tiempos extras. Se utilizó el Solver de Excel buscando la optimización económica de los planes agregados propuestos. **Resultados.** Los coeficientes de determinación no lograron superar el 32%. Con respecto a las señales de rastreo se determinó que los pronósticos históricos solo tuvieron un 27% de acercamiento a las ventas reales mientras que los pronósticos propuestos estuvieron entre el 50% y 75%. Los planes agregados mostraron costos entre S/. 1,246.415 y S/. 1,469.758. Con la utilización del solver se logró optimizar dichos costos hasta llegar a un monto de S/. 1,148.700. **Conclusión.** El sistema de planeación agregada permita reducir errores en la toma de decisiones así como optimizar la utilización de recursos.

Palabras Clave: Costos, planeación agregada, pronóstico, solver.

Design of an added planning system for the production of metallic containers in a manufacturing company in the city of Chimbote

Abstract

Objective. Design an aggregate planning system for the production of metal containers. **Materials and methods.** Historical forecasts were evaluated to determine their degree of accuracy with respect to actual sales. The relationship of the actual sales as a function of time was evaluated by calculating the determination coefficient for linear and non-linear regressions. We evaluated prognostics with moving average and exponential smoothing. Using the forecast tracking signal, including the historical ones, we evaluated the statistical technique that was most successful in predicting the behavior of demand. Aggregate plans were developed with strategies of persecution, leveling, subcontracting and use of overtime. The Excel Solver was used for the economic optimization of the proposed aggregate plans. **Results.** The coefficients of determination failed to exceed 32%. With respect to tracking signals, it was determined that historical forecasts only had a 27% approximation to actual sales while the proposed forecasts were between 50% and 75%. The aggregate plans showed costs between S/. 1,246.415 and S/. 1,469.758 With the use of the solver, these costs were optimized to reach an amount of S/. 1,148.700 **Conclusion.** The system of aggregate planning allows to reduce errors in the decision making as well as to optimize the use of resources.

Keywords: Costs, aggregate planning, forecast, solver.

Projeto de um sistema de planejamento agregado para a produção de embalagens metálicas em uma empresa de fabricação na cidade de Chimbote

Resumo

Objetivo. A concepção de um sistema de planejamento agregado para a produção de embalagens metálicas. **Materiais e métodos.** previsões históricas foi avaliada para determinar o seu grau de precisão no que diz respeito às vendas reais. a relação da função de vendas reais, enquanto o cálculo do coeficiente de determinação de regressão linear e não-linear avaliados. e eles estão prevendo com média de

¹Jefatura de Laboratorios. Universidad César Vallejo. Chimbote, Perú. gsmo_1987@hotmail.com

²Escuela de Tecnología de la Información. SENATI. Chimbote, Perú.

Recibido: 05/06/2016 Aceptado: 23/08/2016

alisamento móvel exponencial avaliada. Usando as previsões de sinal de rastreamento, incluindo histórico, avaliou o que era a técnica estatística que maior grau de sucesso alcançado pela previsão do comportamento da demanda. Eles agrega planos foram desenvolvidos com as estratégias de perseguição, nivelamento, subcontratação e utilização de horas extras. foi usada Excel Solver procura de otimização económica dos agregados planos propostos. **Resultados.** Os coeficientes de determinação não exceder 32%. No que diz respeito a sinais de seguimento determinado que as previsões históricos apenas 27% da abordagem de vendas reais enquanto as previsões foram propostos, entre 50% e 75%. planos agregados mostrou custos entre S/. 1,246.415 e S/. 1,469.758 Com a utilização do agente de resolução foi otimizado tais custos até um valor de S/. 1,148.700 **Conclusão.** O sistema de planejamento agregado reduziria erros na tomada de decisões e otimizar a utilização de recursos.

Palavras-chave: custos, planejamento agregado, previsão, Solver.

Introducción

En el mundo, las empresas buscan ofertar productos y/o servicios manteniendo un óptimo aprovechamiento de sus recursos. En el pasado quedó la idea de fabricar enormes volúmenes de productos uniformes, almacenarlos y esperar que el mercado los consuma; actualmente la diversificación en los gustos de los consumidores, la competencia agresiva y los nuevos conceptos de administración exigen una competitividad diferente. Actualmente para que una empresa sea competitiva es necesario contar con una planificación de la producción que permita a la empresa responder a niveles altos de producción evitando un exceso de costos en mano de obra, inventarios, subcontratación entre otros. Dado ese contexto mundial comienzan a nacer las primeras ideas sobre planeación agregada aproximadamente en 1918 y llegando a formalizarse en textos académicos sobre dirección de operaciones alrededor de 1968; proliferando en esta época propuestas de modelos y aplicaciones de la planificación agregada. Sin embargo en aquella época el enfoque de la planificación agregada aún tenía muchas limitaciones por los medios de cálculos disponibles. Son los enormes progresos tecnológicos (hardware y software) y la globalización los que han contribuido a la solución eficiente de modelos que plantea la planeación agregada.

En Chimbote, existe una empresa que se dedica a la fabricación de envases metálicos alimentarios para los sectores conserveros de agroindustria y pesca. Cuenta con una diversidad de productos que atraviesan un proceso de manufactura en línea y su demanda muestra un comportamiento estacional. El pronóstico de la demanda es elaborado por el área de ventas para periodos anuales; dichos pronósticos se van ajustando en función del comportamiento de algunas variables como el cambio en los requerimientos de un cliente específico o la desviación en las expectativas de consumo de alguno de los mercados objetivo (agroindustrial o pesquero). Pero a pesar de ello la información histórica demuestra que las ventas reales y las ventas pronosticadas tienen una variación considerable que origina deficientes niveles de inventario (materia prima, producto en proceso y producto terminado). Por otro lado la empresa no ha definido una estrategia determinada para la elaboración de sus planes de producción mensuales; en este caso la planeación que se utiliza enfoca su análisis producto por producto tomando en cuenta las ventas reales, ventas proyectadas y el inventario (materia prima, insumos y producto terminado). Este procedimiento de planeación de la empresa no integra el estudio de la fuerza laboral: contratos, despidos o sobretiempos. En síntesis se podría concluir que como consecuencia de no contar con pronósticos confiables y una estrategia de planeación clara y definida se origina inventarios excesivos, pérdida de ventas por faltantes de inventario, elevado costo de la mano de obra, uso innecesario de sobretiempos, baja productividad, entre otros. En ese sentido se plantea el siguiente problema: ¿Qué características debe poseer el diseño de un sistema de planeación agregada para la producción de envases metálicos, en una empresa manufacturera de la ciudad de Chimbote, para que sea viable económicamente?

Material y métodos

La variable de investigación es el sistema de planeación agregada. Conceptualmente la variable se define como aquel sistema que tiene como finalidad estructurar: técnicas, procedimientos y responsables para determinar volúmenes y tiempos oportunos de producción optimizando costos

para un horizonte de tiempo específico. Operacionalmente la variable se trató calculando los costos operativos en los que se debe incurrir para cumplir con un nivel de producción sujeto a las ventas pronosticadas y con una estrategia determinada; por otro lado se calculó la señal de rastreo para las técnica de pronósticos y se obtuvo el porcentaje de los valores que se ubiquen dentro los límites de control. Se utilizó el método de investigación deductivo el cual parte de un marco general de referencias aceptadas como válidas para llegar a una conclusión de tipo particular, de la misma manera la investigación es de carácter no experimental, descriptiva simple y por otro lado es aplicada debido a que se caracteriza por aplicar conocimientos que surgen de la investigación pura para resolver problemas de carácter práctico, empírico y tecnológico para el avance y beneficio de los sectores productivos de bienes y servicios de la sociedad. La población estuvo constituida por las áreas de producción y ventas de la empresa y la muestra tuvo el mismo tamaño aplicando un muestreo no probabilístico. Para el análisis de datos se utilizó el Microsoft Excel analizando las ventas históricas y calculando los modelos de pronósticos. De la misma manera se utilizó las hojas de cálculo para evaluar los planes agregados y proponer una optimización utilizando el Solver.

Resultados

Como parte del diagnóstico se inició comparando, gráficamente, las diferencias entre las ventas proyectadas por la empresa y las ventas reales que se presentaron para el periodo estudiado. Posteriormente se evaluaron las ventas históricas para determinar comportamientos lineales y no lineales de las mismas, para ello se calculó la ecuación y el coeficiente de determinación de cada uno.

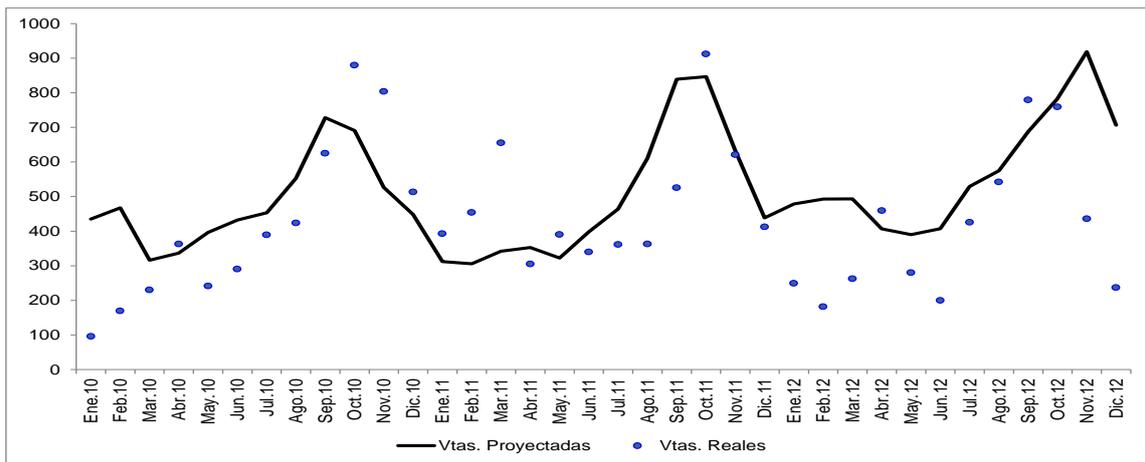


Figura 1. Ventas proyectadas vs ventas reales

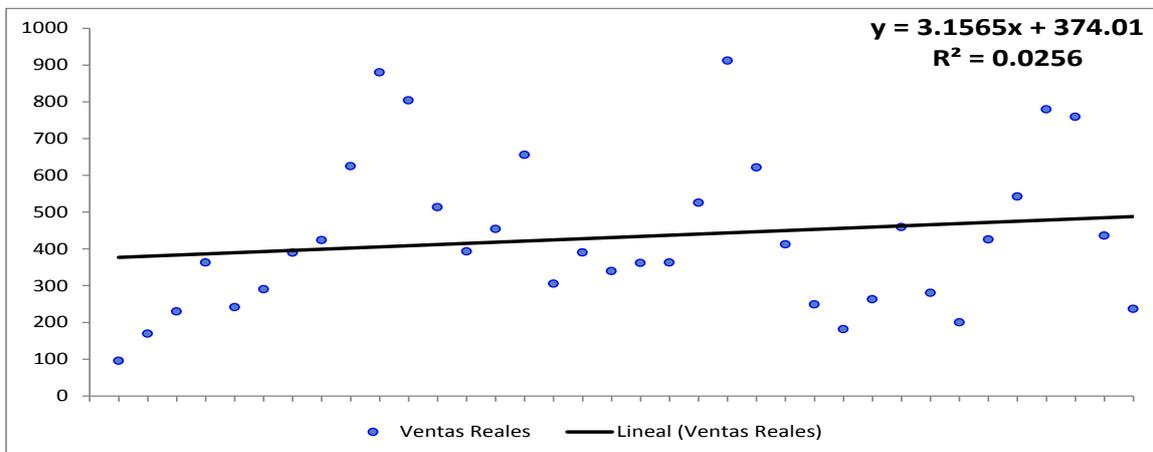


Figura 2. Tendencia lineal de las ventas

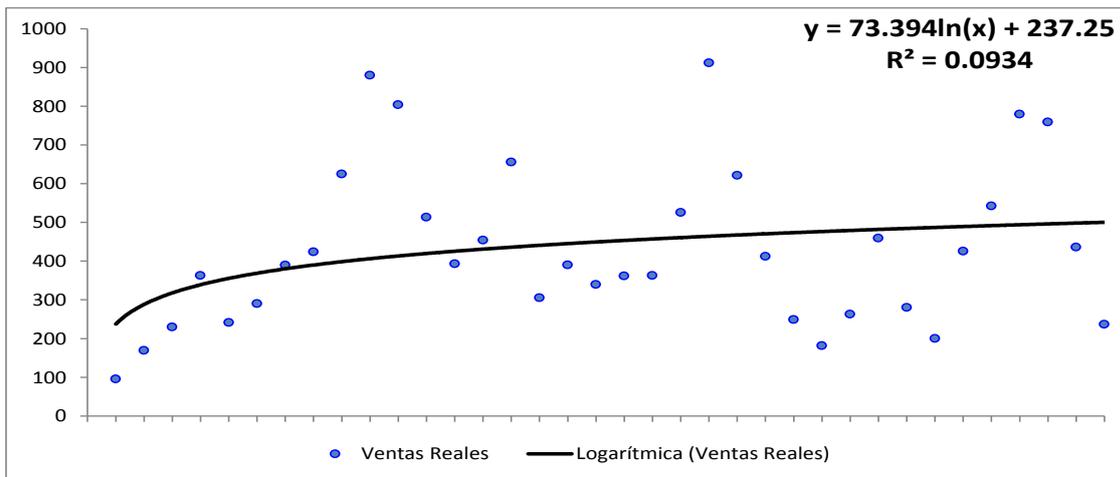


Figura 3: Tendencia logarítmica de las ventas

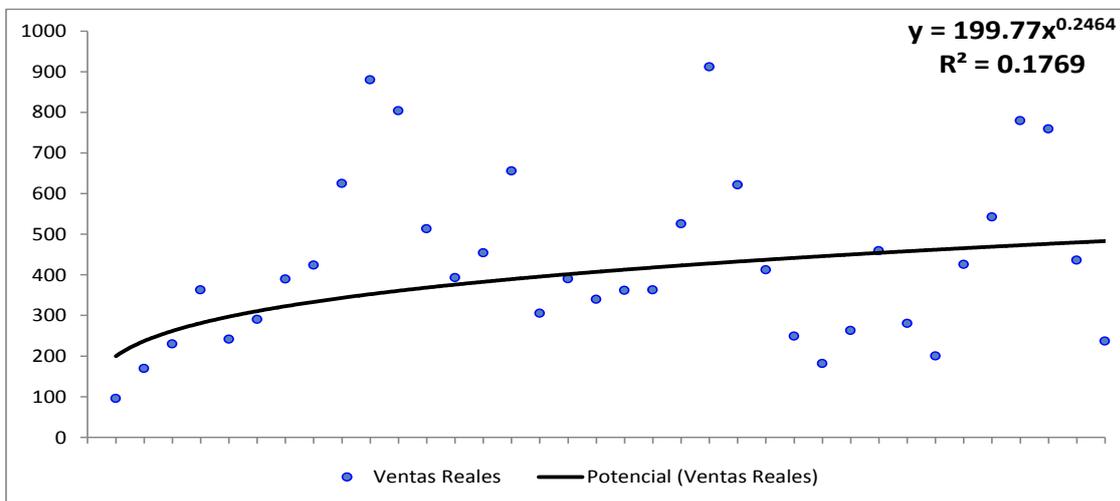


Figura 4: Tendencia potencial de las ventas

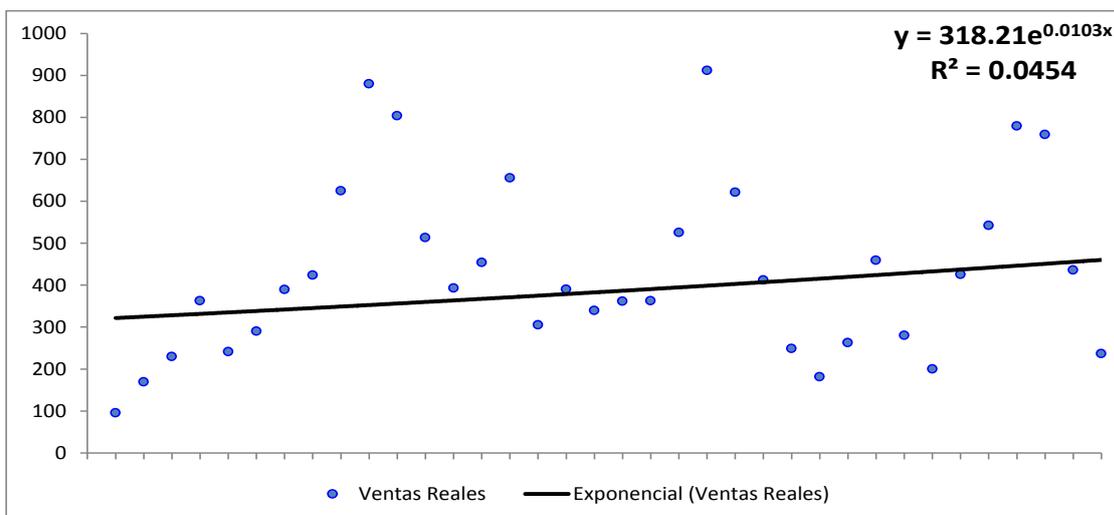


Figura 5: Tendencia exponencial de las ventas

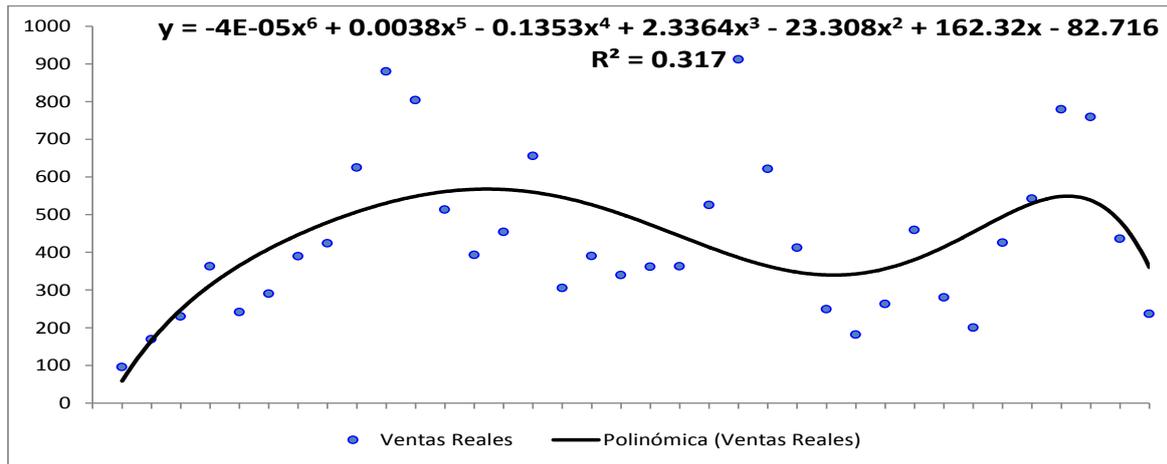


Figura 6: Tendencia polinómica de las ventas

Los coeficientes de determinación calculados no lograron superar el 32% por lo que también se evaluó otras técnicas de pronóstico como el promedio móvil de 2 periodos y un suavizado exponencial con un alfa de 0.5

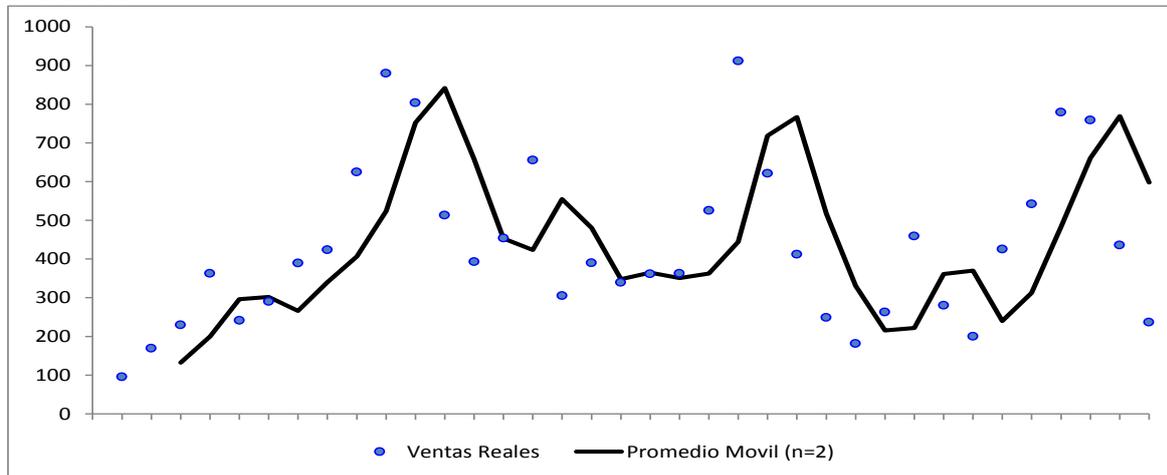


Figura 7: Promedio móvil con n = 2

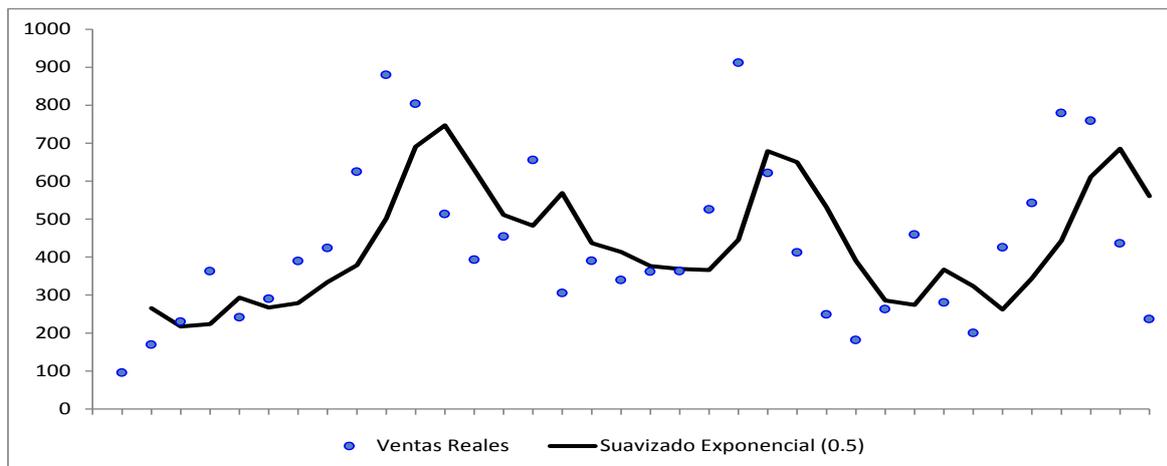


Figura 8: suavizado exponencial con $\alpha = 0,5$

Para poder elegir una técnica de pronóstico se realizó un cuadro comparativo para determinar la eficacia de cada uno al momento de predecir la demanda, para ello se usó la señal de rastreo que es un indicador que evalúa los márgenes de error de los pronósticos cuantitativos.

Tabla 1: Tabla comparativa para la señal de rastreo de las técnicas de pronósticos

Desviación S.R.	Más de -4	Entre -4 y 4	Mas 4	Más de -4	Entre -4 y 4	Mas 4
Pronóstico Hist.	26	10	0	72.22%	27.78%	0.00%
Polinómica (G. 6)	9	26	1	25.00%	72.22%	2.78%
Suav. Expon (0.5)	0	27	9	0.00%	75.00%	25.00%
Prom. Movil (n=2)	0	18	18	0.00%	50.00%	50.00%

La tabla agrupa los datos en tres grupos considerando los límites de control establecidos y se muestran los resultados en valores nominales y porcentuales. Los pronósticos históricos solo tuvieron un acercamiento del 27.78% con respecto a las ventas reales mientras que un 72.22% de sus valores estimaron ventas demasiado altas. Un pronóstico con ajuste de tendencia polinómica de grado 6 obtendría un 72.22% de acercamiento a las ventas reales, mientras que un 25% de sus estimaciones estarían por debajo de las ventas reales y un 2.78% de sus valores estarían por encima de la demanda real. Un pronóstico con suavizado exponencial, cuando $\alpha=0.5$, sería la técnica adecuada puesto que un 75% de sus estimaciones están dentro de lo recomendado mientras que un 25% estaría por encima de la demanda real.

Con la técnica de pronóstico elegida se procedió a elaborar los planes agregados, y para ello se establecieron fórmulas para cada tipo de costo.

Horas hombre por unidad producida

Para calcular las horas hombre que se utilizan en la producción de envases metálicos se utilizó el siguiente ratio de productividad tomando como base la información histórica disponible

$$\frac{\sum_{\text{Año}} \text{Horas hombre}}{\sum_{\text{Año}} \text{Toneladas producidas}}$$

Costo por inventario

Se ha estimado que el deterioro o desvalorización del producto terminado almacenado se produciría en un período de 6 años por lo que este costo se ha considerado para el análisis de planeación agregada.

$$\frac{[\text{Toneladas almacenadas/Costo total inventario}]}{12 \text{ meses} \times 6 \text{ años}}$$

Costo por pérdida de ventas

Este tipo de costo es subjetivo y complicado de calcular, generalmente se enfoca a costear la pérdida de imagen por no cumplir con los requerimientos de los clientes. Tomando en cuenta la dificultad del costeo la presente investigación ha considerado el siguiente criterio: una venta no realizada genera que el producto terminado se quede en almacén lo cual a su vez incurre en un costo por inventario, de la misma manera se pierde un ingreso por el margen de utilidad.

$$\text{Costo Inventario} + \left[\frac{\text{Toneladas almacenadas}}{\text{Costo total inventario}} \right] \times 0.1$$

Costo por subcontratación

El costo por subcontratación es un costo marginal por delegar parte de nuestra producción a un tercero.

$$\left[\frac{\text{Toneladas almacenadas}}{\text{Costo total inventario}} \right] \times 0.15$$

Costo por contratación de personal

La empresa no toma en cuenta este costo como un costo diferenciado. La investigación ha considerado para este costo 2 subgrupos: un costo por selección y un costo por entrenamiento del personal. El costo por selección de personal equivale a lo que cobra una empresa de servicios por reclutar y evaluar un postulante. En el caso del costo por entrenamiento se ha considerado el pago diario del personal entrenado y del personal responsable. Por tratarse de mano de obra directa cuyas actividades no requieren un entrenamiento especializado se consideró que en un periodo de 7 días el personal contratado podría desenvolverse con normalidad en sus tareas asignadas.

$$\text{Costo selección} + [\text{Jornal}_{\text{Trab1}} + \text{Jornal}_{\text{Trab2}}] \times 7$$

Costo por despido

Aunque la teoría no lo menciona sin embargo la presente investigación ha considerado subdividir este costo en 2 subgrupos: un costo por despido de personal estable y un costo por despido de personal contratado. Para el despido de un personal contratado se ha considerado como costo aproximado un sueldo promedio de 950 nuevos soles que incluiría costo por pagos trancos por concepto de gratificaciones, vacaciones y compensación por tiempo de servicio entre otros. Para el caso del despido de personal estable con contratos por plazo indeterminado se ha estimado el costo equivalente a lo que indica la ley en el caso de despidos arbitrarios. Para la investigación se determinó que el personal estable cuenta con 5 años de antigüedad.

$$\text{Salario mensual} \times 1.5 \times "n" \text{ años}$$

Costo por hora hombre normal

Se considera como salario promedio mensual la suma de 950 nuevos soles para un trabajador clasificado como mano de obra directa. El factor de 1.5 ha sido incluido en la fórmula para considerar los costos derivados por conceptos de beneficios sociales tales como gratificaciones, compensación por tiempo de servicio, vacaciones, entre otros.

$$\left[\frac{\text{Salario mensual}}{30 \text{ días} \times 8 \text{ horas}} \right] \times 1.5$$

Costos por hora extra

La empresa paga un porcentaje por los sobretiempos dependiendo el horario de trabajo en el que se lleve a cabo las actividades del personal. Los valores son: un 25% para las primeras 2 horas y un 35% para las horas siguientes. En el caso de domingos se paga al 100%.

$$\text{Costo hora normal} \times \left(1 + \left[\frac{0.25 + 0.35 + 1}{3} \right] \right)$$

Luego de tener las fórmulas para cada uno de los costos se elaboran las estrategias de producción:

Tabla 2: Plan agregado de producción con una estrategia de persecución

	Ene.12	Feb.12	Mar.12	Abr.12	May.12	Jun.12	Jul.12	Ago.12	Sep.12	Oct.12	Nov.12	Dic.12	TOTAL	
Ventas pronosticadas	249	181	263	459	280	200	425	542	779	759	436	237	4811	
Producción	200	200	200	253	280	200	425	542	779	759	436	237	4511	
Inventario	251	269	207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	727	
HH requ.	6 622	6 622	6 622	8 360	9 275	6 622	14 079	17 954	25 805	25 135	14 435	7 837	149 366	
Días x mes	22	21	22	21	23	21	22	23	20	23	22	21	261	
Horas x trabajador	211.2	201.6	211.2	201.6	220.8	201.6	211.2	220.8	192	220.8	211.2	201.6	2505.6	
Trabajadores requeridos	32	33	32	42	43	33	67	82	135	114	69	39		
Nuevos trabajadores	0	1	0	10	1	0	34	15	53	0	0	0		
Costo contratación		1 193		11 933	1 193		40 573	17 900	63 247				136 040	
Trabajadores estables	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32		
Despedidos trab. contr.	0	0	1	0	0	10	0	0	0	21	45	30		
Despedidos trab. estab.	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Costo de despidos T.C.			950			9 500				19 950	42 750	28 500	101 650	
Costo de despidos T.E.	57 000												57 000	
Costo de inventario	19 914	21 388	16 422			13							57 737	
Costo horas normales	40 128	39 501	40 128	50 274	56 373	39 501	84 018	107 502	153 900	149 454	86 526	46 683	893 988	
Costo expresado en nuevos soles													COSTO TOTAL	1 246 415

Tabla 3: Plan agregado de producción con una estrategia de nivelación manteniendo un número fijo de 60 trabajadores

	Ene.12	Feb.12	Mar.12	Abr.12	May.12	Jun.12	Jul.12	Ago.12	Sep.12	Oct.12	Nov.12	Dic.12	TOTAL	
Ventas pronosticadas	249	181	263	459	280	200	425	542	779	759	436	237	4811	
Producción	383	365	383	365	400	365	383	400	348	400	383	365	4541	
Inventario	434	618	738	644	764	929	887	744	313	0	0	129	6198	
Días x mes	22	21	22	21	23	21	22	23	20	23	22	21		
Horas prod. disponib	211.2	201.6	211.2	201.6	220.8	201.6	211.2	220.8	192.0	220.8	211.2	201.6	2505.6	
Unidades faltantes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	53	0		
Costo de faltantes										30 022	34 649		64 671	
Unidades sobrantes	434	618	738	644	764	929	887	744	313	0	0	129		
Costo de Inventario	34 420	49 018	58 558	51 092	60 617	73 754	70 367	59 086	24 838			10 212	491 961	
Costo horas normales	75 240	71 820	75 240	71 820	78 660	71 820	75 240	78 660	68 400	78 660	75 240	71 820	892 620	
Costo expresado en nuevos soles													COSTO TOTAL	1 449 252

Tabla 4: Plan agregado de producción con una estrategia de subcontratación manteniendo un número fijo de 60 trabajadores

	Ene.12	Feb.12	Mar.12	Abr.12	May.12	Jun.12	Jul.12	Ago.12	Sep.12	Oct.12	Nov.12	Dic.12	TOTAL
Ventas Pronosticadas	249	181	263	459	280	200	425	542	779	759	436	237	4811
Producción	383	365	383	365	400	365	383	400	348	400	383	365	4541
Inventario	434	618	738	644	764	929	887	744	313	0	0	129	6198
Días x mes	22	21	22	21	23	21	22	23	20	23	22	21	
Horas prod. disponib	211.2	201.6	211.2	201.6	220.8	201.6	211.2	220.8	192.0	220.8	211.2	201.6	2505.6
Unidades por subcontratar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	53	0	
Costo por subcontratación										39 541	45 636		85 177
Unidades sobrantes	434	618	738	644	764	929	887	744	313	0	0	129	
Costo de inventario	34 420	49 018	58 558	51 092	60 617	73 754	70 367	59 086	24 838			10 212	491 961
Costo horas normales	75 240	71 820	75 240	71 820	78 660	71 820	75 240	78 660	68 400	78 660	75 240	71 820	892 620
Costo expresado en nuevos soles													COSTO TOTAL 1 469 758

Tabla 5: Plan agregado de producción con una estrategia de sobretiempos manteniendo un número fijo de 60 trabajadores

	Ene.12	Feb.12	Mar.12	Abr.12	May.12	Jun.12	Jul.12	Ago.12	Sep.12	Oct.12	Nov.12	Dic.12	TOTAL
Ventas pronosticadas	249	181	263	459	280	200	425	542	779	759	436	237	4811
Producción	383	365	383	365	400	365	383	400	348	400	383	365	4541
Inventario	434	618	738	644	764	929	887	744	313	0	0	129	6198
Días calendario	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Días x mes	22	21	22	21	23	21	22	23	20	23	22	21	
Horas normales disponibles	211.2	201.6	211.2	201.6	220.8	201.6	211.2	220.8	192.0	220.8	211.2	201.6	2505.6
Horas extras disponibles	144.3	130.7	144.3	142.7	134.0	142.7	144.3	134.0	153.0	134.0	132.3	154.7	1690.7
Und para tiempo extra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	53	0	
Horas extras requeridas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1527	1763	0	
Horas extras máximas	8658	7839	8658	8559	8037	8559	8658	8037	9180	8037	7938	9279	
Costo por tiempo extra										13 903	16 046		29 949
Costo de inventario	34 420	49 018	58 558	51 092	60 617	73 754	70 367	59 086	24 838			10 212	491 961
Costo horas normales	75 240	71 820	75 240	71 820	78 660	71 820	75 240	78 660	68 400	78 660	75 240	71 820	892 620
Costo expresado en nuevos soles													COSTO TOTAL 1 414 530

Tabla 6: Plan agregado de producción utilizando Solver

	Ene.12	Feb.12	Mar.12	Abr.12	May.12	Jun.12	Jul.12	Ago.12	Sep.12	Oct.12	Nov.12	Dic.12	TOTAL
Días calendario	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Días laborables	22	21	22	21	23	21	22	23	20	23	22	21	
N° trabajadores	40	40	40	40	40	40	46	75	75	75	68	40	
Contratos							6	29					
Despidos											7	28	
Horas extras									11 364	8 575	73		
Horas extras disponibles	5 772	5 226	5 772	5 706	5 358	5 706	6 638	10 046	111	1 471	8 923	6 186	
Producción real	255	244	255	244	267	244	293	500	778	759	436	244	4 518
Pronostico de la dem.	249	181	263	459	280	200	425	542	779	759	436	237	4 811
Inventario final	306	368	361	145	132	175	43	1	0	0	0	7	
Costo por contrataciones							7 160	34 607					41 767
Costo por despidos											6 650	26 600	33 250
Costo de inventario	24 293	29 224	28 638	11 505	10 443	13 914	3 438	97				545	122 097
Costo horas normales	50 160	47 880	50 160	47 880	52 440	47 880	57 684	98 325	85 500	98 325	85 272	47 880	769 386
Costo horas extras									103 464	78 072	664		182 200
Costo expresado en nuevos soles													COSTO TOTAL 1 148 700

Tabla 7: Tabla comparativa de costos para planes agregados

COSTOS	Persecución	Nivelación	Subcontratación	T. Extra	SOLVER
Contratación	S/. 136,040				S/. 41,767
Despido	S/. 158,650				S/. 33,250
Inventario	S/. 57,737	S/. 491,961	S/. 491,961	S/. 491,961	S/. 122,097
Escasez		S/. 64,671			
Subcontratación			S/. 85,177		
Tiempo extra				S/. 29,949	S/. 182,200
Tiempo normal	S/. 893,988	S/. 892,620	S/. 892,620	S/. 892,620	S/. 769,386
Costo total	S/. 1,246,415	S/. 1,449,252	S/. 1,469,758	S/. 1,414,530	S/. 1,148,700

Para el funcionamiento del Sistema de Planeación Agregada se determinó que las áreas de ventas, producción y contabilidad son las responsables de suministrar la información y análisis para un correcto funcionamiento del sistema de planeación agregada.

De la misma manera se determinó que el liderazgo del sistema debe estar a cargo la Jefatura de Planta.

Por otro lado se determinó 3 etapas en las que los responsables deberán interactuar: El pronóstico de ventas, planeación de la producción y la revisión del sistema.

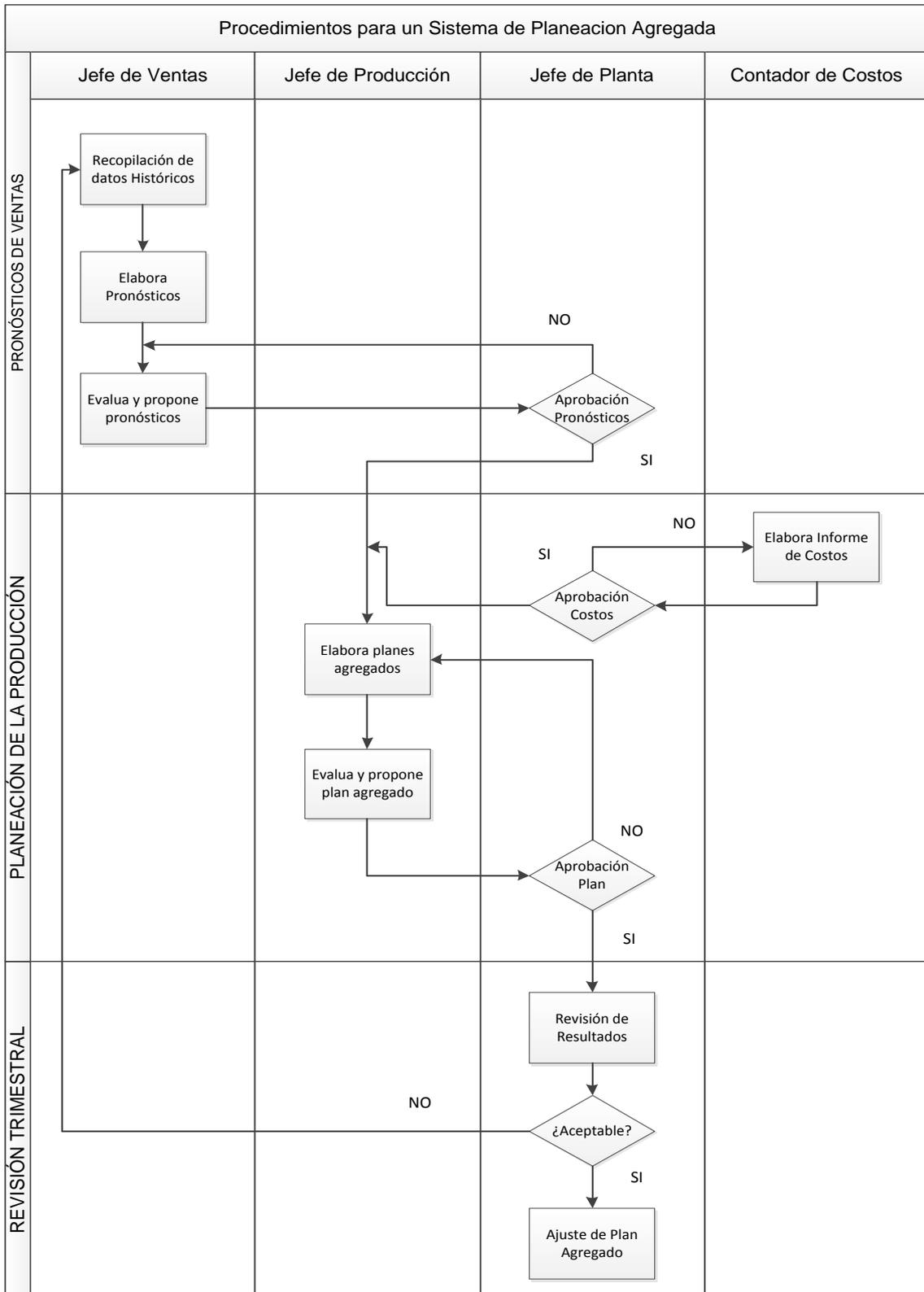


Figura 9: Sistema de planeación agregada

Discusión

En otras investigaciones o antecedentes no se determina con claridad cómo elegir un pronóstico adecuado para su implementación. Es por ello que la presente investigación no solo recomendó un pronóstico específico sino que se diseñó una metodología para la elección y comparación de métodos cuantitativos de pronósticos. Las herramientas básicas para dicha metodología son el coeficiente de determinación y la señal de rastreo. También cabe destacar que el enfoque de la presente investigación ha sido económico y no se han tomado en cuentas variables de índole subjetiva como el clima organizacional, la productividad, la especialización en el trabajo, entre otras. Un plan agregado con una estrategia de persecución es el plan con mejor obtención de costos por debajo de la optimización del Solver; sin embargo para implementar esta estrategia también habría que analizar los efectos que podría causar en el rendimiento del personal y/o en el clima organizacional. Los números de contrataciones son muy elevados para los meses de julio y septiembre: sobre este punto no se ha evaluado el impacto sobre la productividad por el periodo de entrenamiento y su incidencia en el cumplimiento sobre el plan de producción. Una estrategia de nivelación considera costos por escasez y cuyo porcentaje es bajo sin embargo no se ha hecho un estudio sobre el impacto que podría tener no atender pedidos sobre las ventas futuras y en general sobre la pérdida de imagen ante los clientes. Una estrategia de subcontratación genera un costo marginal para el producto terminado que se comercializa así mismo no permite tener control a la empresa sobre la calidad del producto. Se podría aprovechar si otra empresa tuviera una ventaja competitiva en costos. Con respecto a una estrategia con uso de sobretiempos la presentación investigación no ha considerado el efecto de horas extras sobre la productividad y eficiencia del personal. Uno de los principales aportes de la investigación es identificar aquellos criterios de decisión aplicables al entorno operativo de la empresa para posteriormente aprovechar la herramienta informática del Solver y proponer una estrategia optimizada con respecto a la generación de costos.

Conclusión

Un sistema de planeación agregada debe contar con las siguientes características: una técnica estadística cuantitativa que permita elaborar pronósticos confiables en el mediano plazo, una estrategia de producción que permita satisfacer la demanda del mercado minimizando costos de operación y una gestión administrativa que permita la fluidez de la información. La empresa no emplea una adecuada técnica que le permita elaborar un pronóstico confiable de la demanda del mercado en el mediano plazo ya que la señal de rastreo que se calculó para validarlo obtuvo un 72.22% de datos por debajo del límite inferior recomendado. El comportamiento de las ventas reales presenta una relación muy débil en función al tiempo ya que los coeficientes de determinación obtenidos fueron: para una regresión lineal 2.5%, para una regresión logarítmica 9.3%, para una regresión potencial 17.6%, para una regresión exponencial 4.5% y para una regresión polinómica de grado 6 un 31.7%. Un pronóstico con suavizado exponencial con una constante $\alpha = 0.5$ es la técnica estadística más recomendable ya que su señal de rastreo obtuvo un 75% de datos dentro de los límites de control recomendados. El SOLVER de Microsoft Excel es una herramienta informática importante en la elaboración de un plan agregado para minimizar los costos operativos ya que se pudo estimar que a través de su uso se puede obtener una reducción de 39 nuevos soles por tonelada producida que representa un ahorro de 13.24%.

Referencias bibliográficas

- Chapman, N. (2006). Planificación y control de la producción. 1a. ed. México: Pearson Educación. 288 p.
- Chase, R., Jacobs, R., Aquilano, N. (2009). Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros. 12a. ed. México: McGraw-Hill. 776 p.

- Everett, E., Adam, R., J. (1991). Administración de la producción y las operaciones. 4a. ed. México: Prentice-Hall Hispanoamericana. 739 p.
- Gaither, N., Frazier, G. (2000). Administración de producción y operaciones. 8a. ed. México: International Thomson Editores. 840 p.
- Heizer, Jay., Render, B. (2004). Principios de administración de operaciones. 5a. ed. México: Pearson Educación. 704 p.
- Meredith, J. (1995). Administración de las operaciones. Un énfasis conceptual. 2a. ed. México: Editorial Limusa. 781 p.
- Romero, O., Muñoz, D., y Romero, S. (2006). Introducción a la ingeniería industrial, un enfoque industrial. 1a. ed. México: International Thomson Editores. 394 p.