

Análisis multicriterio aplicado a la selección de un Plan Agregado de Producción

Luciana Tabone¹[0000-0003-3755-5336], Verónica Mortara¹[0000-0003-2387-2963],

Antonio Morcela¹[0000-0002-0569-9450], Ignacio Boloquy¹[0000-0003-0466-5723],

Jacqueline Bounoure¹ [0000-0003-1290-1642]

¹Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 7600, Argentina.

ltabone@fi.mdp.edu.ar

Resumen. El presente trabajo tiene como objetivo seleccionar el mejor Plan Agregado de producción para una empresa del rubro electromecánico que fabrica tres familias de productos. Para el desarrollo de las alternativas de planificación se adoptan estrategias de nivelación, seguimiento y mixtas. Se emplean como medidas de ajuste transitorio de capacidad la fabricación para inventario, uso de horas extras, subcontratación de parte de la producción y la contratación y despido de personal. La mano de obra es de uso compartido entre las tres familias. Para el análisis de las cuatro alternativas propuestas se analizan múltiples criterios tales como el costo total, la estabilidad de la mano de obra y el plan de producción, los niveles de subcontratación e inventario, considerando las restricciones que pueden existir respecto a los clientes, la fuerza de trabajo y el entorno. Mediante la aplicación del Proceso Analítico de Jerarquías se selecciona la alternativa con el mejor plan agregado de producción para la empresa en estudio. Este plan adopta una estrategia de nivelación de mano de obra, respondiendo al criterio más relevante de mantener la estabilidad de la fuerza de trabajo. La implementación de este método permite materializar el proceso de selección del plan de producción de forma sistemática y consistente con las prioridades estratégicas de la empresa y el área productiva.

Palabras clave: Plan Agregado de Producción, Proceso Analítico de Jerarquías, Toma de Decisiones Multicriterio.

Abstract. The objective of this work is to select the best Aggregate Production Plan for a company in the electromechanical field that manufactures three families of products. For the development of planning alternatives, leveling, monitoring and mixed strategies are adopted. Manufacturing for inventory, use of overtime, subcontracting of part of production, and the hiring and firing of personnel are used as temporary capacity adjustment measures. Labor is shared between the three families. For the analysis of the four proposed alternatives, multiple criteria are analyzed such as the total cost, the stability of the workforce and the production plan, the levels of subcontracting and inventory, considering the restrictions

that may exist with respect to the clients. The workforce and the environment. By applying the Hierarchies Analytical Process, Alternative 1 is selected as the best aggregate production plan for the company under study. This plan adopts a workforce leveling strategy, responding to the most relevant criterion of maintaining the stability of the workforce. The implementation of this method allows to materialize the selection process of the production plan in a systematic way and consistent with the strategic priorities of the company and the production area.

Keywords: Aggregate Production Plan, Analytical Hierarchy Process, Multi-criteria Decision Making.

1 Introducción

La principal función de toda organización es la generación, a partir de ciertos procesos, de algún tipo de producto. Para que estas organizaciones sean efectivas y eficientes los directivos del sistema de operaciones deben comprender y aplicar algunos principios fundamentales de la planificación para la generación del producto y también para controlar el proceso que lo origina.

Para lograr la integración de los procesos organizacionales la planificación y control de la producción debe desarrollarse siguiendo un enfoque jerárquico (Dominguez Machuca et al., 1995). Este enfoque, permite coordinar los objetivos, planes y actividades de los niveles estratégico, táctico y operativo. Significa que los planes de cada nivel persiguen sus propias metas, pero teniendo en cuenta los objetivos de nivel superior, de las cuales dependen y los del nivel inferior, en los que actúan como factor restrictivo. Sin este enfoque es muy difícil lograr la integración de procesos organizacionales.

El Plan Agregado, es un plan de producción a mediano plazo que busca traducir de forma más detallada el Plan Estratégico de la empresa. Su propósito es planificar y coordinar los recursos, incluyendo el tipo, la cantidad y la pertinencia de los mismos, de manera tal de cubrir las necesidades con la demanda prevista (Chapman., 2006).

De una forma más específica es una fuente importante para la planificación de los niveles de inventario, el flujo de efectivo, las necesidades de recurso humanos (número de personas, niveles de habilidad, tiempo requerido, programa de entrenamiento), necesidades de capital, niveles de producción, capacidad, actividades de ventas y marketing.

Para el desarrollo de este trabajo se utiliza el caso de estudio propuesto en el curso de Doctorado “Procesos y Planificación de la Producción Avanzada” de la Universidad Nacional de Cuyo dictado en agosto de 2020.

El objetivo consiste en analizar y seleccionar el mejor plan agregado de producción para la empresa en estudio bajo un enfoque multicriterio mediante la aplicación del Proceso Analítico de Jerarquías (PAJ). Este método permite sistematizar y reducir los niveles de riesgo e incertidumbre en el proceso de toma de decisión.

2 Marco Teórico

2.1 Plan Agregado

El plan agregado de producción busca determinar la cantidad y los tiempos de producción necesarios para satisfacer la demanda a mediano plazo. Los administradores de operaciones tratan de determinar la mejor forma de satisfacer la demanda pronosticada ajustando los índices de producción, los niveles de mano de obra, los niveles de inventario, el trabajo en tiempo extra, las tasas de subcontratación, y otras variables controlables.

Por lo general, el objetivo de la planeación agregada es minimizar los costos para el periodo de planeación (Heizer y Render., 2009). Existen, además, aspectos estratégicos como suavizar los niveles de empleo, reducir los niveles de inventario, o satisfacer un nivel de servicio alto a los que se les asigna en ciertas ocasiones, mayor importancia que a la reducción de costos.

El horizonte temporal varía entre 6 a 18 meses, esto depende del tiempo en que la empresa requiera determinar un estimado de la necesidad de recursos, con el objetivo de actuar apropiadamente para garantizar su disponibilidad (Chase y Jacobs, 2014). Con respecto a su diseño, los bloques de tiempo de planificación o periodos de planificación en general son: meses, bimestres o trimestres. Dependerá del nivel de detalle que es útil para la planificación y la cantidad de esfuerzo necesario para obtener la información (Domínguez Machuca *et al.*, 1995).

En el Plan Agregado, como su nombre lo indica, los productos se acumulan o agregan en familias. La clave para efectuar la agrupación es el uso de recursos similares, por ejemplo, el personal, los equipos o las materias primas (Krajewsky *et al.*, 2008). Un motivo fundamental para realizar la agregación es el uso de pronósticos, que son la principal fuente de demanda para efectuar el Plan Agregado y tienden a ser más precisos cuando se desarrollan de forma agregada. Si bien la agregación facilita el desarrollo del plan, no debe llevarse al extremo ya que puede provocar pérdida de información útil. El grado de agregación apropiado dependerá del tipo de producto, tipo de clientes, y del proceso productivo.

Con respecto a la capacidad, para esta etapa de planificación se considera fija, es decir que no pueden tomar acciones estructurales de ajuste. Solamente pueden aplicarse medidas transitorias de ajuste de capacidad (Domínguez Machuca *et al.*, 1995).

Las empresas tienen diversas opciones para efectuar un ajuste transitorio de la capacidad. En general, todas estas alternativas se engloban en dos categorías (Chapman, 2006). Una de ellas se enfoca en el lado de la oferta (operaciones) para intentar cambiar el suministro de producción y se las denomina estrategias internas. Estas incluyen las contrataciones y despidos del personal, la contratación de trabajadores temporales, el uso tiempo extra o tiempo inactivo, las subcontrataciones, la fabricación para inventario, entrega con retraso, la posibilidad de no atender la demanda y la modificación de la tasa de producción. La otra categoría se concentra en el lado de la demanda (comercialización) en un intento por alterar los patrones de demanda para ajustarlos al resultado de la producción. Estas son llamadas estrategias externas y consideran la fijación

de precios, la realización de promociones y publicidad y la oferta de paquetes de productos.

2.2 Estrategias del Plan Agregado

Para encontrar la mejor alternativa que organice los recursos y cumpla con la demanda, bajo ciertas condiciones de operación, se debe delinear una estrategia para la elaboración del Plan Agregado. Cuando se habla de mejor, en general, se refiere a la maximización de las utilidades de la organización, pero resulta indispensable que se establezcan otras condiciones u objetivos. Se puede considerar la posibilidad de satisfacer la totalidad de la demanda, minimizar la inversión en inventarios, minimizar el impacto adverso en las personas que puede generar la volatilidad en la fuerza de trabajo por despidos frecuentes, entre otras cuestiones.

Es importante comprender los criterios para delinear una estrategia adecuada que, en general, dependerá de las políticas de la empresa, sus prioridades competitivas, el tipo de sistema productivo, entre otros. Las tres estrategias que se emplean para realizar el Plan Agregado son la nivelación, la persecución o seguimiento y una combinación de ambas (Chapman, 2006).

La estrategia de nivelación busca nivelar determinado recurso (la producción o la mano de obra), es decir, que sus valores se mantendrán constantes en todos los periodos del horizonte de planificación. Esto implica que la demanda fluctúa alrededor de la disponibilidad de dicho recurso, y en su defecto, se harán esfuerzos por alterar los patrones de demanda para que se ajusten de manera efectiva a los recursos establecidos.

La estrategia de persecución o seguimiento altera los recursos periodo a periodo durante el horizonte de planificación. Esto significa que se aumentan y disminuyen sus valores de manera tal de ajustarse a la demanda establecida. Suele aplicarse en entornos donde es difícil alterar la demanda y hay disponibilidad para alterar la base de recursos.

Las estrategias combinadas o mixtas son las más comunes de aplicar. Aquí se mezclan y ajustan las dos estrategias anteriores, nivelando los recursos en algunos periodos y en otros ajustándolos a la demanda.

2.3 Proceso Analítico de Jerarquías

Cuando se requieren utilizar métodos de apoyo a la toma de decisiones en escenarios de múltiples dimensiones de evaluación suele utilizarse el PAJ ya que permite tomar decisiones en base a criterios múltiples. Es un método de trabajo sencillo, lógico y estructurado, basado en la descomposición del problema en una estructura jerárquica (Martínez Rodríguez, 2007).

El proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones objetivas y/o subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios que se seguirán para tomar la decisión y que especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión referida a cada criterio. El resultado del PAJ muestra la prioridad total de las alternativas de decisión respecto a la meta (Toskano Hurtado, 2005)

Para tomar una decisión en forma organizada, es necesario seguir los siguientes pasos (Saaty, 2008):

1. Definir el problema, estableciendo sus componentes o elementos relevantes.
2. Estructurar la jerarquía del problema. Para ello, se elabora una representación gráfica del problema en función de la meta global, los criterios a ser usados y las alternativas de decisión. Se deben identificar los criterios más generales hasta los más particulares. Si se requiere, pueden desprenderse subcriterios. Estos últimos deben guardar una relación jerárquica con el criterio del que se desprenden.
3. Establecer las preferencias: El PAJ, requiere a quien toma las decisiones, señalar un juicio de valor con respecto a todos los elementos de un nivel, referido a cada uno de los elementos del nivel inmediato superior. Se utilizan matrices de comparaciones pareadas para establecer dichas preferencias. Las comparaciones pareadas son las bases fundamentales del PAJ. Se emplea la escala de Saaty con valores de 1 a 9, como se muestra en Tabla 1, para calificar las preferencias relativas de los elementos.

Tabla 1: Escala de Saaty (2008)

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación numérica
Importancia o preferencia absoluta	9
Importancia o preferencia muy fuerte o demostrada	7
Notablemente más importante o preferible	5
Moderadamente importante o preferible	3
Igualmente importante o preferible	1
Valores intermedios	2,4,6,8

4. Priorizar y sintetizar: En un problema jerarquizado, las prioridades pueden ser locales, globales o totales. Una consideración importante en términos de la calidad de decisión final se refiere a la consistencia de juicios que muestra el tomador de decisiones en el transcurso de la serie de comparaciones pareadas. La consistencia perfecta es difícil de lograr ya que los juicios son realizados por personas. Esta metodología calcula la relación o razón de consistencia de Saaty, considerando aceptable los valores menores a 0,1. Por último, se realiza la síntesis del problema para obtener la prioridad total de las alternativas mediante la agregación multiaditiva de las prioridades globales. Esto permite ordenar el conjunto de las alternativas consideradas y seleccionar la mejor alternativa para obtener la meta buscada.

3 Metodología

La metodología adoptada para este trabajo es un estudio de caso. El tipo de investigación es cualitativa y cuantitativa, inicialmente se analizan datos y luego mediante la aplicación de la herramienta propuesta se realizan cálculos matemáticos para selección.

Los pasos a seguir en este trabajo son los siguientes:

- 1- De manera conjunta entre analistas y expertos de consulta se determinan de las características y necesidades del sistema productivo.

2- Se acuerda también con los expertos, la información relevante para elaborar alternativas para el plan agregado de producción bajo el método de prueba y error con una planilla de cálculo electrónica. Este método es una técnica que funciona considerando todas variables de decisión a la vez para que los planeadores puedan comparar la demanda proyectada contra la capacidad existente. Suele ser muy usado por su facilidad de comprensión e implementación. Si bien no proporciona una solución óptima, es una metodología rápida y sencilla para encontrar una solución satisfactoria de las distintas combinaciones de las condiciones que se introducen al modelo.

Se comparan los resultados obtenidos en las distintas alternativas.

3- Se selecciona el mejor plan mediante la aplicación del PAJ, utilizando como entrada la información generada en los pasos anteriores. El procesamiento se efectúa con el software Expert Choice®.

4 Resultados

4.1 Características del sistema productivo

La empresa en estudio pertenece al rubro electromecánico y se fabrican tres tipos de familias de productos distintos A, B y C. Cada uno de estos productos demandará materiales e insumos en mayor o menor medida. Cada producto para ser fabricado según especificaciones de ingeniería de fabricación, debe pasar obligatoriamente por cuatro procesos agregados, donde en cada proceso hay un tipo de operario con sus herramientas y máquinas necesarias, en el siguiente orden: mecanizados de materiales que conformaran el producto; limpieza y pulidos; ensambles entre piezas y materiales, y ajustes; y pruebas y ensayos finales. En cada uno de esos procesos son necesarios insumos y materiales, los cuales cada uno de ellos se agrupan en familias.

Para cada producto existe un pronóstico de demanda (Figura 1), que es determinista por los pedidos de compras y encargos anticipados, y que hay que cumplir sin postergar entregas en cada mes.

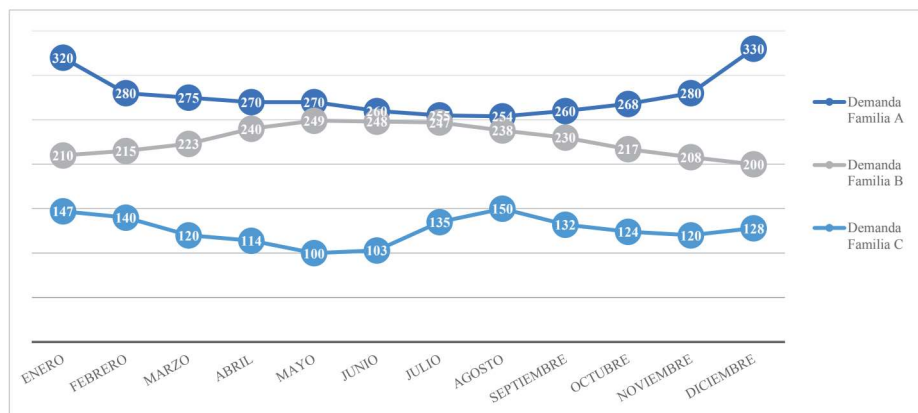


Fig. 1: Demanda determinística anual

Para fabricar cada producto, según los procesos indicados inicialmente, se requiere de los tiempos promedios por cada proceso por operario, estos tiempos se muestran en la Tabla 2. Cada operario trabaja 8 horas a diario, en caso de trabajar horas extras no debe superar las 2 horas extras por día, y al mes no debe superar 20 horas extras. La planta tiene una capacidad para 20 operarios del tipo A; 15 del tipo B; 30 del tipo C y 25 del tipo D, en caso que se requiera contratar más operarios para hacer frente al cumplimiento de la demanda, se debe abrir un nuevo turno de 8 horas regulares para los nuevos operarios que superen dichas cantidades de capacidad límite. Los costos de contratación, despido y hora extras se exhiben a continuación.

Tabla 2. Tiempos de fabricación por operario, costos y plantilla.

Familia de Operarios	Tiempo fab. A (hs)	Tiempo fab. B (hs)	Tiempo fab. C (hs)	Salario mensual	Plantilla fija inicial	Costo Contratación	Costo Despido	Costo Horas Extras
Operarios A	2	1	4	18000	20	40000	60000	150
Operarios B	4	3	7	22000	15	55000	85000	187
Operarios C	3	5	2	25000	26	62000	112000	213
Operarios D	2	1	3	20000	18	45000	95000	170

No hay stock inicial de ninguno de los tres tipos de productos para ayudar en el mes de enero, por lo tanto, se deben fabricar todos a partir de ese mes. En la Tabla 3, se establecen los costos de subcontratar una unidad de producto final terminada, y los costos de mantener una unidad de producto en stock por cada mes que se conserva almacenado.

Tabla 3. Costos de subcontratación y almacenamiento.

Costos	Familia A	Familia B	Familia C
Subcontratación de producto terminado	2300	2200	2450
Almacenamiento de producto terminado	100	85	120

En cada uno de los procesos son necesarios insumos y materiales que se agrupan en familias. Los tipos de insumos son A; B; C y D, y los tipos de materiales que también formarán parte de estos productos son A; B; C; D y E. Cada una de las familias de productos finales demanda una determinada cantidad de cada tipo de familia de insumo y materiales, que es detalla a continuación en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4. Costos y requerimiento de insumos.

Familia de insumos	Familia de Producto A	Familia de Producto B	Familia de Producto C	Costo/ Unidad	Stock Inicial	Stock Final exigido	Costo Stock/ Mes
INSUMOS A	2	3	5	25	400	500	1,25
INSUMOS B	3	3	2	102	450	560	5,1
INSUMOS C	1	2	0	68	387	450	3,4
INSUMOS D	4	1	0	35	350	460	1,75

Tabla 5. Costos y requerimiento materiales.

Familia de materiales	Familia de Producto A	Familia de Producto B	Familia de Producto C	Costo/ Unidad	Stock inicial	Stock Final exigido	Costo Stock/ Mes
MATERIALES A	5	0	3	124	201	580	6,2
MATERIALES B	2	1	5	201	408	570	10,05
MATERIALES C	1	2	4	154	389	600	7,7
MATERIALES D	0	4	3	186	652	620	9,3
MATERIALES E	6	4	2	27	501	480	1,35

4.2 Alternativas del Plan Agregado de Producción

Con el objetivo de seleccionar el mejor Plan Agregado de producción se elaboran cuatro planes alternativos, siguiendo diversas estrategias y medidas de ajuste de la capacidad. A continuación, se describen los lineamientos adoptados en cada una.

- **Alternativa 1:** Esta alternativa propone la implementación de una estrategia de nivelación de mano de obra, tratando de abastecer la totalidad de la demanda durante cada período de planificación. Las alternativas de capacidad aplicadas para alcanzar los objetivos establecidos son el uso de horas extras, la generación de inventario, la subcontratación y la contratación y despido de la fuerza de trabajo. La mano de obra es de uso compartido entre las tres familias de producto y se establece un nivel de fuerza de trabajo constante por tipo de operario durante todo el periodo de planificación. De esta manera, existen meses con tiempos ociosos de trabajo que se utilizan para fabricar inventario y evitar los quiebres de stock y la reducción de necesidad de subcontratación.
- **Alternativa 2:** Este plan se realiza siguiendo una estrategia combinada de nivelación de las cantidades a producir en cada periodo del horizonte de planificación

con una nivelación de mano de obra. Se emplean como medidas de ajuste transitorio de capacidad la fabricación para inventario, uso de horas extras, subcontratación de parte de la producción y la contratación y despido de personal. Se considera que la mano de obra es compartida entre las tres familias, para cada etapa del proceso productivo. Las horas de trabajo ociosas se las utiliza para producir inventario para evitar el desabastecimiento de la demanda y la reducción de la cantidad de productos a subcontratar. La nivelación de la mano de obra se realiza en dos tramos. Durante el primer semestre, se establece un nivel mayor de mano de obra para generar inventario mediante la utilización del tiempo ocioso y durante el segundo semestre se establece un nivel de mano de obra menor.

- **Alternativa 3:** El plan se realiza adoptando una estrategia de persecución donde se produce la cantidad de unidades requeridas para abastecer la demanda. Esta estrategia no genera inventarios y la mano de obra es de uso compartido entre las tres familias de producto. Las alternativas de ajuste de capacidad aplicadas son la contratación y despido de la fuerza de trabajo, el uso de horas extras y subcontratación.
- **Alternativa 4:** El plan que propone se obtiene mediante una estrategia de persecución combinada con una estrategia de nivelación de mano de obra. Durante un periodo del horizonte de planificación se nivela la mano de obra, mientras que se ha hecho uso de una estrategia de ajuste al momento de absorber las necesidades de los periodos de demanda alta. La mano de obra es de uso compartido entre las tres familias de producto. Las alternativas de ajuste de capacidad aplicadas son la contratación y despido de la mano de obra, generación de inventario, uso de horas extras y subcontratación. Se busca minimizar la cantidad de horas ociosas mediante la producción para inventario con el fin de evitar el desabastecimiento de la demanda y la reducción de la cantidad de productos a subcontratar.

El motivo de tratar de minimizar la subcontratación se debe a que el costo variable unitario de las tres familias reporta un valor superior en relación a la fabricación en horas regulares (28%) y horas extras (31%).

4.3 Comparación de Alternativas

En la Tabla 6, se presentan los costos asociados a las alternativas de Plan Agregado de producción propuesto para las tres familias. Los cuatro planes alcanzan un nivel de servicio del 100% ya que no se producen quiebres de stock en ningún periodo y de esta manera se logra abastecer la totalidad de la demanda. La alternativa 2 es la que menores costos genera, sin embargo, se puede apreciar que en todos planes los costos más representativos son los de materia prima, mano de obra regular y contratación y despido. Los costos de horas extras, inventario y subcontratación obtienen valores menos significativos respecto a los anteriores.

Tabla 6. Costos asociados a las alternativas del Plan Agregado

Alternativa	1	2	3	4
Costo HR	\$ 11.568.000	\$ 10.890.000	\$ 10.898.000	\$ 10.922.000
Costo HE	\$ 776.524	\$ 877.158	\$ 732.998	\$ 762.835
Costo Subc.	\$ 90.650	\$ 95.550	\$ 346.400	\$ 314.600
Costo Cont./Desp.	\$ 3.109.000	\$ 3.488.000	\$ 4.565.000	\$ 3.836.000
Costo Inventario	\$ 263.185	\$ 122.610	\$ 0	\$ 94.275
Costo MP	\$ 16.860.904	\$ 16.007.883	\$ 15.868.801	\$ 16.046.154
Costo Total	\$ 32.668.263	\$ 31.481.201	\$ 32.411.199	\$ 31.975.864

En la Tabla 7 se presentan los indicadores de desempeño más significativos para el análisis de cada plan. El coeficiente de variación de la mano de obra y del plan de producción se considera con el objetivo de comparar la estabilidad que proporciona cada plan. La alternativa 1 presenta la menor variabilidad de la mano de obra y la alternativa 3 la menor variabilidad del nivel de producción. Asimismo, se presenta el porcentaje de inventario y subcontratación de cada plan respecto a la producción total para los diferentes planes presentados. La menor generación de inventario se obtiene en la alternativa 3 y la menor subcontratación se realiza en la alternativa 1.

Tabla 7. Indicadores de desempeño por alternativa

Alternativa	CV MO	CV Producción	% Inventario	% Subcontratación
1	0%	6,77%	33,75%	0,47%
2	3,80%	5,78%	15,84%	0,52%
3	4,99%	3,00%	0,00%	1,88%
4	3,81%	8,87%	13,15%	1,75%

4.4 Selección del mejor Plan Agregado

Para comenzar el PAJ se elabora la estructura jerárquica del problema planteado. Se determina como meta global “Seleccionar el mejor Plan Agregado de Producción” y se establecen como criterios más relevantes para tomar esta decisión los costos totales del plan, la estabilidad de la mano de obra, estabilidad del plan de producción, el nivel de inventario y el nivel de subcontratación. Estos se evalúan en forma cuantitativa, considerando los resultados presentados en las Tablas 6 y 7.

Se pretende encontrar la mejor alternativa que reporte menores costos a la empresa. Los criterios de estabilidad de la mano de obra y del plan de producción apuntan a reducir los porcentajes de variabilidad de ambos factores. Una menor variabilidad en la fuerza de trabajo genera un impacto positivo en su motivación y moral y en consecuencia en la eficiencia y efectividad de su trabajo. Por su parte, un plan estable proporciona facilidades en su gestión e implementación.

Respecto al criterio de nivel de inventario, se toma como mejor solución aquella alternativa en la que se reporte una menor generación de inventario debido a los requerimientos de espacio y recursos necesarios para su gestión y guarda.

El criterio de nivel de subcontratación proyecta medir el riesgo estratégico que supone la tercerización de la producción y se intenta minimizar su valor.

A partir del establecimiento de la meta global y la definición de los criterios de decisión, se presenta en la Figura 2 la estructura jerárquica del problema.



Fig. 2: Estructura Jerárquica

Mediante reuniones de trabajo con el grupo de analistas y expertos se determinan las preferencias respecto a la prioridad de los criterios y las alternativas de decisión en relación a cada criterio de selección. Estas valoraciones se ingresan al software Expert Choice® y se obtienen las prioridades locales y globales y la consistencia de los juicios.

En las Figuras 3 y 4 se presentan pesos de los criterios de selección y la priorización final de las alternativas, con el índice de inconsistencia, indicativo de la coherencia de los juicios.

Fig. 3: Pesos de los criterios

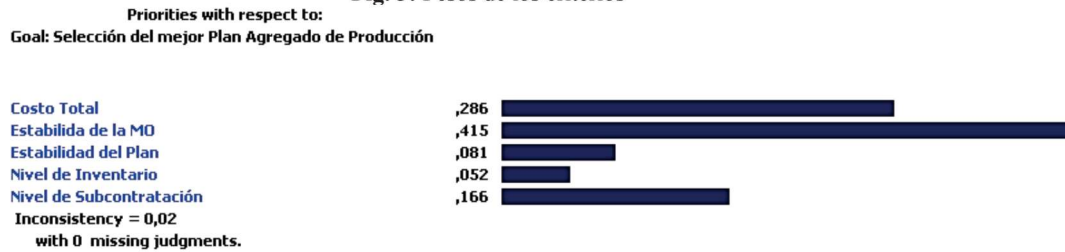
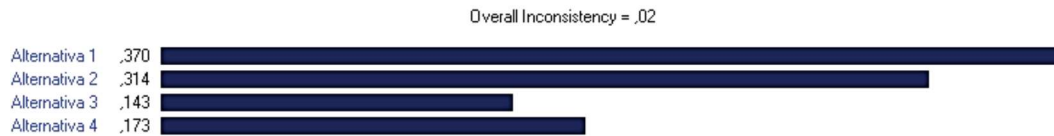


Fig. 4: Priorización de las alternativas
Synthesis with respect to: Goal: Selección del mejor Plan Agregado de Producción



Se evidencia que los criterios más importantes son la estabilidad de la mano de obra (41,5%) y los costos totales (28,6%), seguidos por el nivel de subcontratación (16,6%), estabilidad del plan (8,1%) y el nivel de inventario (5,2%)

Como resultado final, se obtiene que la Alternativa 1 es la mejor con una prioridad total del 37%, seguida por la Alternativa 2 con un 31,4%, la Alternativa 4 con 17,3% y finalmente la Alternativa 3 con un 14,3% de prioridad.

Se corrobora que todas las matrices de comparación pareada son consistentes, obteniendo un valor de consistencia global de 0,02. De esta manera, se verifica la calidad de la decisión final ya que los juicios del tomador de decisiones son consistentes en todo el proceso de análisis jerárquico.

5 Conclusiones

La implementación del PAJ permite la estructuración del problema de selección de un Plan Agregado de Producción factible en forma sencilla, teniendo en cuenta criterios de selección acordes con las prioridades estratégicas del área productiva y de la empresa en estudio. Los criterios más relevantes para el proceso de selección son la estabilidad de la mano de obra y los costos totales que genera la implementación del plan.

Se plantean cuatro planes como alternativas viables a implementar. Todos logran abastecer la demanda prevista al presentar un nivel de servicio del 100% para las tres familias de producto. Se utilizan como opciones de ajuste de capacidad el uso de horas extras, la generación de inventario, la subcontratación y la contratación y despido de la fuerza de trabajo.

Respetando los criterios y restricciones establecidos se obtiene una jerarquización de los cuatro planes considerados y se selecciona uno de ellos, alternativa 1, como el mejor Plan Agregado de Producción. El plan correspondiente a esta alternativa aplica una estrategia de nivelación de mano de obra, reportando una ventaja significativa a la empresa, ya que proporciona una estabilidad total a la fuerza de trabajo al establecer un plantel constante durante el horizonte de planificación. Asimismo, la estabilidad de la fuerza de trabajo logra evitar el impacto negativo en la motivación y moral y en consecuencia en la eficiencia y efectividad de su trabajo. También permite reducir los problemas derivados de las restricciones o presiones que puedan proceder del entorno empresarial como pueden ser las regulaciones contractuales o actividad de los sindicatos no deben ser minimizadas a la hora de definir los niveles de mano de obra del plan.

La metodología propuesta permite a la Gerencia de producción efectuar el proceso de planificación de la producción de forma sistemática y consistente con las prioridades de la empresa. La utilización de Expert Choice resulta amigable y soluciona la selección de la alternativa de planificación más conveniente en función de los criterios utilizados y sus preferencias relativas. Si bien las hojas de cálculo electrónicas no proporcionan soluciones óptimas, resultan herramientas sencillas y de fácil comprensión para la elaboración de plan agregado ya que es posible incorporar y relacionar todas las variables de decisión que intervienen en el proceso.

Se concluye que la metodología multicriterio propuesta, en particular PAJ, es de factible y eficaz implementación para la empresa. Factible, en tanto utiliza datos de entrada que son derivados de la actividad habitual del proceso de gestión de la producción; y eficaz porque permite obtener el mejor Plan agregado que logra combinar los

recursos de manera tal de satisfacer la demanda prevista y considerar los criterios establecidos en función de las características y necesidades de la empresa.

Referencias

1. Chapman, S. N.: “Planificación y Control de la Producción”. 1ra. Edición, Pearson Education, México (2006).
2. Chase, R. B.; Jacobs, R.: “Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros”. 13ra. Edición, Mac. Graw Hill, México (2014).
1. Domínguez Machuca, J. A. et al.: “Dirección de Operaciones: Aspectos tácticos y operativos de la producción y de los servicios”. 1ra. Edición, Mc Graw Hill, España (1995).
2. Heizer, J.; Render, B.: “Principios de Administración de Operaciones”. 7ma. Edición, Pearson Education, México (2009).
3. Krajewski, L. J.; Ritzman, L. P.; Malhotra, M.: “Administración de Operaciones”. 8va. Edición, Prentice Hall, México (2008).
4. Martínez Rodríguez, E. (2007). “Aplicación del Proceso Jerárquico de Análisis en la Selección de la Localización de una PYME”. Anuario Jurídico y Económico Escurialense, vol 40, pp. 523-542. Colombia.
5. Saaty, T. (2008): “Decision Making with the Analytic Hierarchy Process”. Int. J. Services Sciences, vol. 1, No. 1, pp. 83-98.
6. Toskano Hurtado, G. (2005). “El Proceso de Análisis Jerárquico como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores”. Tesis de la Facultad de ciencias matemáticas. Universidad Nacional de San Marcos. Lima, Perú. Versión obtenida el 18/11/15. http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf.