

# IMPLEMENTACIÓN DE PROCESO ANALÍTICO DE JERARQUÍAS PARA LA SELECCIÓN DEL MEJOR PROCESO PRODUCTIVO EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS

## Área Temática: Gestión de Operaciones y Logística

Mortara, Verónica\*; Tabone, Luciana; Zárata, Claudia

*Facultad Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.  
Av. J.B Justo 4302 (7600) | Mar del Plata| Buenos Aires | Argentina.  
vmortara@fi.mdp.edu.ar*

## RESUMEN

Para el desarrollo de este trabajo se tomó como caso de estudio una PyME marplatense dedicada a la elaboración de un innovador producto alimenticio. Se trata de una masa de pizza artesanal con formato no tradicional.

En un estudio preliminar, mediante la aplicación de herramientas de Investigación Operativa Soft, Estudio de Procesos y Simulación con Promodel®, se detectó como problemática el desequilibrio de la carga de trabajo en los distintos puestos del proceso productivo de la empresa y el incumplimiento de los niveles de producción deseados. De este estudio se obtuvieron dos alternativas de mejoras para el proceso productivo actual. Por un lado, la alternativa 1 que consiste en aumentar la cantidad de operarios y/o maquinarias necesarias al turno de trabajo actual. Por el otro, la alternativa 2, que propone duplicar las horas de producción diarias.

El objetivo de este trabajo fue la evaluación y selección de la mejor alternativa mediante la aplicación de técnicas de análisis multicriterio, en particular Proceso Analítico de Jerarquías.

Para la implementación de esta técnica, se realizaron entrevistas con las personas involucradas en el proceso, quienes identificaron como criterios más relevantes la utilización de maquinaria, utilización de mano de obra, producción obtenida y costo de maquinarias y mano de obra. Asimismo, proporcionaron evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada criterio y especificaron su preferencia con respecto a cada una de las alternativas y para cada criterio.

Se utilizó el software Expert Choice® para procesar esta información. Los resultados proporcionaron la jerarquización de prioridades considerando las dos alternativas propuestas respecto de la situación actual.

Esta jerarquización permitió seleccionar de manera consistente la alternativa 1 con una preferencia global del 64.8%. Esta opción permitiría aumentar la capacidad del proceso a un nivel superior al objetivo planteado y nivelar la utilización de recursos y maquinarias.

**Palabras Claves:** Proceso Analítico de Jerarquías - Estudio de procesos - Expert Choice®

## ABSTRACT

To develop of this work is taken as a case study, a SME from Mar del Plata, dedicated to the development of an innovative food product. It is a mass of artisan pizza with non-traditional format. In a preliminary study, by applying tools of Operational Research Soft, Process Studies Soft and Simulation with Promodel®, was detected as problematic the imbalance of workload in the various stations of the production process of the company and the failure of the desired production levels. In this study two alternatives of improvements for the current production process were obtained. On one side, the alternative 1 allows to increase the number of operators and/or machinery necessary to current work shift. On the other side, alternative 2, proposes to double the hours of daily production.

The objective of this study was the evaluation and selection of the best alternative by applying multi-criteria analysis techniques, particularly Analytical Hierarchy Process.

For the implementation of this technique, interviews were conducted with people involved in the process, those identified as most relevant criteria the use of machinery, labor use, production obtained and cost of machinery and labor. They also provided subjective assessments about the relative importance of each criterion and specify their preference for each of the alternatives for each criterion.

The software Expert Choice® was used to process this information. The results provided the hierarchy of priorities considering the two proposed alternatives to the current situation. This ranking allowed consistently to select alternative 1 with an overall preference of 64.8%. This option would increase the capacity of the process to a higher level the proposed goal and leveling use of resources and machinery.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Toda organización tiene como objetivo crecer, ser rentable y permanecer en el tiempo. La toma de decisiones racionales es, en gran medida, sinónimo de éxito. Si bien existen numerosas herramientas que facilitan el proceso de toma de decisiones, es común que en las empresas las decisiones se basen en la intuición o el conocimiento empírico del propietario o del gerente. Esta práctica no limita ni reduce los niveles de riesgo.

En un estudio previo [1], se analizó el caso de una empresa familiar que fabrica un producto innovador, que inicia sus actividades comercializándolo a negocios de la zona. Luego de un tiempo de operación, comenzó a comercializar franquicias en el exterior del país y su volumen de venta creció exponencialmente, como así también las exigencias en el cumplimiento de las fechas de entrega de sus productos. En consecuencia, la capacidad nominal o disponible de producción resulta menor a la demanda y se evidencian cuellos de botella en el proceso productivo que dificultan el flujo de actividades en la planta productiva.

El problema se estructuró mediante la implementación de la Investigación Operativa Soft y la simulación del sistema de producción utilizando Promodel®. Como resultado del mismo, se determinaron dos alternativas de mejora. Las características de dichos procesos resultan en información de entrada para encontrar la mejor solución al problema planteado.

En este trabajo se aplican técnicas de decisión multicriterios, más específicamente el Proceso Analítico de Jerarquías, para encontrar la mejor solución al problema mencionado. Este método permite sistematizar y reducir los niveles de riesgo e incertidumbre en el proceso de toma de decisión.

### **1.1. Descripción de los productos y procesos**

El producto comercializado por la empresa es una pizza en forma de cono rellena en 7 variedades. Cada variedad es comercializada en tres tamaños: 150 gramos, 110 gramos y 75 gramos. Se seleccionó para el análisis del proceso la variedad de producto que presenta el mayor volumen de ventas. El producto está formado por dos componentes principales: un cono de masa de pizza elaborado artesanalmente y un relleno.

Según datos suministrados por el área productiva, se obtienen 712 conos crudos de 67,4 gramos cada uno a partir de una masa de 48,10 kg. El peso del cono cocido que se obtiene finalmente es de 55 gramos, ya que existe una merma en el proceso de horneado de aproximadamente un 20% de su peso. Cada cono se rellena con 55 gramos de una mezcla en forma de cubos. El producto es empacado individualmente en bolsas de polietileno termo-selladas.

Para poder fabricar el producto, es necesario realizar tres subprocesos: fabricación del cono, fabricación del relleno y relleno y empaque del producto final. En la Figura 1 se presenta el cursograma sinóptico del proceso completo, indicando las operaciones e inspecciones principales. La capacidad del proceso productivo es de aproximadamente 13.500 conos cocidos y 11.900 conos rellenos por semana de 40 horas.

### **1.2. Estructuración del problema**

A través de la aplicación de la Investigación Operativa Soft se estructuró el problema de la empresa. Mediante la realización de entrevistas con los actores del proceso se realizó una lluvia de ideas donde expresaron sus opiniones sobre el sistema productivo actual e identificaron, en base a las necesidades de la empresa y sus objetivos, una serie de debilidades con su área de origen y el impacto generado en el resto de las áreas de la empresa.

A partir del análisis anterior, los participantes concordaron en priorizar el aumento de la capacidad de producción para el cumplimiento de las entregas pactadas con los clientes.

En base al número de entregas con retraso de los últimos 6 meses, se concluye que dicho aumento debería ser de alrededor del 80%. Esto significa que cualquier alternativa debería alcanzar un valor aproximado de 24.350 conos cocidos y 21.435 productos finales.

Se plantearon dos alternativas posibles para solucionar la situación problemática:

- Alternativa 1: Aumentar la cantidad de operarios y/o maquinarias necesarias al turno de trabajo actual equilibrando la carga de trabajo.
- Alternativa 2: Trabajar dos turnos de trabajo diarios, manteniendo la misma cantidad de recursos por turno.

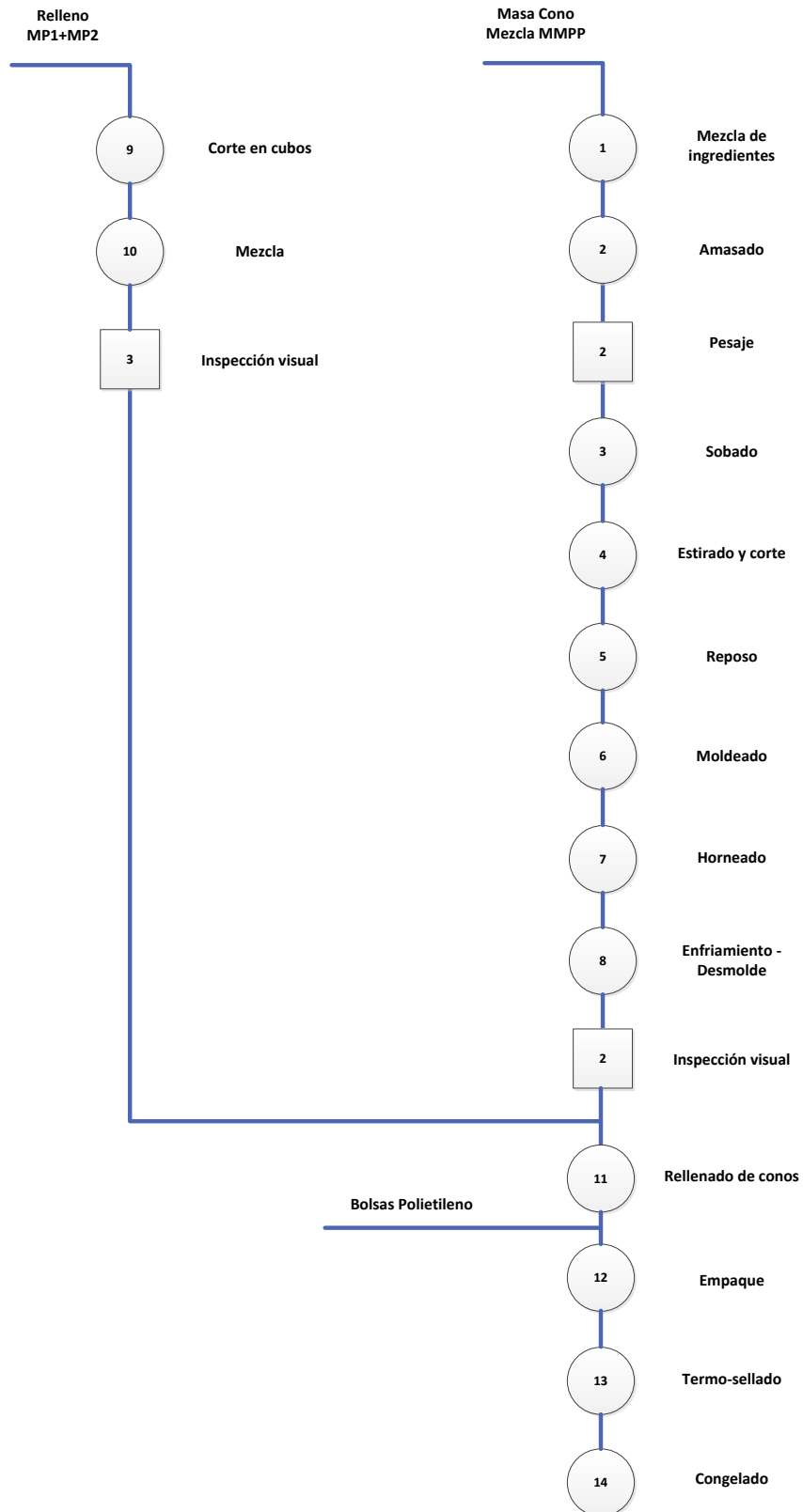


Figura 1: Cursograma sinóptico del proceso

### 1.3. El proceso productivo actual

Para el análisis del proceso productivo actual, se simuló en el software Promodel® el proceso completo resultante de la interacción simultánea de los tres subprocesos que lo componen (ver Anexo). Se simuló el sistema para un período de una semana que equivale a 40 horas de trabajo. Del análisis del comportamiento de todos los componentes del sistema y su interacción se detectó que el cuello de botella es el proceso de fabricación de los conos, más específicamente la cantidad de operarios disponibles, cuya capacidad utilizada alcanza el 94,76%. Asimismo, el operario y la máquina de relleno de conos posee una alta capacidad utilizada del 90,86%. Sin embargo, los operarios de empaque y sellado poseen una carga de trabajo de solo el 27,44% y

18,11% respectivamente. Considerando al horno como el recurso más caro que posee la organización, se determinó que posee un bajo índice de utilización con un valor de 26,92%. Se pudo determinar que el proceso actual permite obtener 13.528 conos cocidos y 11.908 productos terminados en 40 hs de operación.

#### **1.4. Alternativa 1**

Esta alternativa pretende aumentar la capacidad productiva mediante la incorporación de operarios y/o maquinarias necesarias, respetando las limitaciones actuales del espacio disponible. La simulación de las 40 horas semanales determinó que esta alternativa permite alcanzar el aumento de capacidad a un nivel superior al objetivo planteado (ver Anexo). Su implementación permitiría obtener 25.276 conos cocidos y 22.683 productos finales. Esto se logra a través de la incorporación de 4 operarios para la elaboración de conos, 1 operario y una máquina para el relleno de los mismos. La ventaja de esta es el aumento de la utilización de la capacidad disponible del resto de los recursos y maquinarias, sin llegar a duplicar los costos de mano de obra, que son considerados costos fijos para la empresa. Sin embargo, se requerirá de un cambio en la programación de la producción para adecuarse a esta alternativa.

Si bien se sigue observando un bajo porcentaje de carga de los puestos empaque y sellado (52,08% y 34,37% respectivamente), esta situación no fue posible mejorarla más debido a limitaciones propias del proceso y de la distribución de las instalaciones.

#### **1.5. Alternativa 2**

En esta alternativa se pretende aumentar la capacidad productiva mediante la adición de otro turno de trabajo cada día, sin variar la cantidad de operarios ni máquinas actuales por turno. La simulación de las 80 horas semanales permitió determinar que se cumple en objetivo de producción deseada al obtener 25.276 conos cocidos y 21.655 productos finales (ver Anexo).

La ventaja que proporciona es que se mantiene el mismo programa de producción y la misma combinación de recursos y maquinarias por cada turno. Sin embargo, se duplican los costos de mano de obra, ya que los salarios de los trabajadores son costos fijos y no se equilibran las cargas de trabajo en los distintos puestos al mantener el mismo programa productivo.

#### **1.6. Objetivo**

El objetivo de este trabajo es la selección de la mejor alternativa, considerando para ello las restricciones y criterios propios de cada una de ellas y teniendo cuenta las prioridades competitivas de la organización.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. La toma de decisiones empresariales**

El desenvolvimiento de las actuales organizaciones está condicionado por factores externos e internos, donde a menudo es necesario confrontar situaciones problemáticas complejas, en las que resulta imprescindible tomar decisiones estratégicas. Estas decisiones están generalmente relacionadas con la introducción de nuevas tecnologías, el rediseño de la organización, el desarrollo de nuevas estrategias, la formulación de visiones diferentes o la solución de problemas en general. [2]

El proceso de toma de decisiones es un tema complejo y es crítico en el éxito de las organizaciones. Las decisiones que se toman son complicadas e importantes; requieren pensamiento y discusión cuidadosa al ejercer la función gerencial.

La Teoría de la Decisión es un método sistemático para estudiar la toma de decisiones. Una buena decisión es aquella que está basada en la lógica, que considera todos los datos y alternativas posibles.

Las decisiones estratégicas y organizativas son poco estructuradas y en consecuencia no pueden aplicarse recetas únicas de solución. En consecuencia, para tomar decisiones de estas características, se suelen establecer criterios de evaluación que consideren puntos de vista para cada situación. Esto implica considerar entornos subjetivos, con riesgos e incertidumbre.

Debido a que es imposible determinar y controlar todas las variables o factores que inciden en una situación, es que se busca a través de modelos representar el problema, en el que se espera que las decisiones tomadas sean las mejores aunque no siempre óptimas.

Las decisiones que los gerentes tomen se extenderán en todos los niveles de la organización traducidas en objetivos y acciones más específicas y concretas en cada nivel hacia abajo y afectarán el futuro de la organización.

La información requerida para la toma de decisiones representa el punto de partida para llevar a cabo este proceso y ha de considerarse minuciosamente.

## 2.2. El Proceso Analítico de Jerarquías

Cuando se requieren utilizar metodologías de apoyo a la toma de decisiones en escenarios de múltiples dimensiones de evaluación, suele utilizarse el Proceso Analítico de Jerarquía (PAJ). El PAJ es una herramienta que permite tomar decisiones en base a criterios múltiples. Es una metodología de trabajo sencilla, lógica y estructurada, basada en la descomposición del problema en una estructura jerárquica. [3]

El proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y que especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. El resultado del PAJ es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión. En un ambiente de certidumbre, el PAJ proporciona la posibilidad de incluir datos cuantitativos relativos a las alternativas de decisión, adicionalmente permite incorporar aspectos cualitativos que suelen quedarse fuera del análisis debido a su complejidad para ser medidos pero que pueden ser relevantes en algunos casos. [4]

### 2.2.1 Elaboración de la estructura jerárquica

El primer paso en el PAJ consiste en la estructuración de la jerarquía del problema, donde se debe lograr desglosar el problema en sus componentes relevantes. 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 (Figura 2).

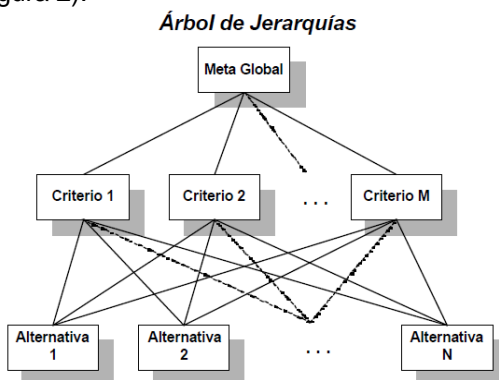


Figura 2: Estructura jerárquica.

Se deben identificar los criterios más globales hasta los más particulares. Si se requiere, de los mismos pueden desprenderse subcriterios. Estos últimos deben guardar una relación jerárquica con el criterio del que se desprenden.

### 2.2.2 Establecimiento de las prioridades

El PAJ, requiere a quien toma las decisiones, señalar una preferencia o prioridad con respecto a cada alternativa de decisión en términos de la medida en la que contribuya a cada criterio. Se utilizan comparaciones pareadas para establecer medidas de prioridad tanto para los criterios como para las alternativas de decisión. 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 el Figura 3, para calificar las preferencias relativas de los dos elementos.

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación Numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Figura 3: Escala de Saaty.

Estas valoraciones se presentan en las matrices de comparaciones pareadas (Figura 4) de manera tal de desarrollar las prioridades de las alternativas en términos de cada criterio de selección y también para fijar las prioridades para la totalidad de los criterios en términos de la importancia que cada uno tiene al contribuir al objetivo o meta global.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Figura 4: Matriz de comparaciones binarias de n Alternativas.

### 2.2.3 Síntesis

Utilizando las matrices de comparaciones pareadas y a través de un proceso matemático se calculan las prioridades relativas de las alternativas de decisión respecto a cada criterio y también las prioridades relativas de los criterios respecto al objetivo o meta global.

### 2.2.4 Consistencia

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 de Consistencia de cada matriz, considerando aceptable los valores menores a 0,1. Si el grado de consistencia es aceptable, puede continuarse con el proceso de decisión. Si el grado de consistencia es inaceptable, quien toma las decisiones debe reconsiderar y modificar sus juicios sobre las comparaciones pareadas antes de continuar con el análisis.

### 2.2.5 Resultado final

Una vez realizada la totalidad de comparaciones se obtiene el resultado final consensuado: ordenamiento de las alternativas. Este resultado está basado entonces, en las prioridades, en la emisión de juicios y evaluación hecha a través de las comparaciones de los componentes del modelo jerárquico, llevada a cabo por los actores.

## 2.3. El Software Expert Choice®

Expert Choice® es un software para la toma de decisiones basado en el Proceso Analítico de Jerarquías que asiste a los decisores organizando la información relacionada a la complejidad de un problema. El problema es abordado mediante un modelo jerárquico consistente de un objetivo, escenarios posibles, criterios y alternativas de decisión. El software aplica el método de comparación par a par para evaluar la importancia relativa de los criterios y evalúa el comportamiento de los mismos en las distintas alternativas.

Para que el software pueda realizar el proceso de jerarquización requiere de información de entrada que consiste en la estructuración del problema, la entrada de prioridades y el planteo de alternativas. El software cuenta con una interfaz gráfica que permite cargar cada una de las matrices que forman parte del proceso de forma fácil y rápida. Asimismo, permite realizar un análisis de sensibilidad, en donde los datos de entrada se modifican con el fin de observar el impacto en los resultados y así determinar la robustez del ordenamiento obtenido [5].

## 3. METODOLOGÍA

Para la elaboración de la estructura jerárquica y el establecimiento de prioridades, primeros pasos de la metodología PAJ, se realizaron entrevistas grupales con la participaron el director de la empresa, el responsable de producción, la asesora técnica, los operarios de las áreas conos y relleno y los investigadores de operaciones.

Se recopiló toda la información cualitativa y cuantitativa necesaria, que luego fue cargada al software Expert Choice® a efectos de cumplir el objetivo.

## 4. DESARROLLO

### 4.1 Elaboración de la estructura jerárquica

Para comenzar el PAJ se elaboró la estructura jerárquica del problema planteado. Se determinó como meta global "seleccionar el mejor proceso productivo". Los criterios de selección se determinaron de forma consensuada mediante la realización de entrevistas grupales con las personas involucradas en el proceso productivo. Los mismos establecieron los siguientes criterios como los más relevantes para seleccionar la mejor solución:

- I. Utilización de maquinarias
- II. Utilización de los operarios
- III. Producción obtenida
- IV. Costo de maquinaria (MQ) y mano de obra (MO) adicional

La alternativa 0 hace referencia a la situación actual y las alternativas 1 y 2 son las presentadas en la sección Introducción. La Figura 5 muestra la representación gráfica de la estructura jerárquica para este caso de estudio.



Figura 5: Estructura Jerárquica del problema.

### 4.3 Establecimiento de las prioridades y procesamiento de datos

Mediante las entrevistas grupales, los involucrados en el proceso determinaron de forma consensuada sus preferencias para establecer las medidas de prioridad tanto para los criterios como para las alternativas de decisión respecto a cada criterio de selección. Estas valoraciones se ingresaron al software Expert Choice® construyendo cinco matrices de comparaciones pareadas. La primera (Figura 6) para para fijar las prioridades de los cuatro criterios en términos de la importancia que cada uno tiene al contribuir al objetivo o meta global y las restantes cuatro matrices (Figuras 7, 8, 9 y 10) para establecer la preferencia de las tres alternativas en términos de cada criterio de selección.

Para realizar las últimas cuatro matrices, se valieron de los datos de los indicadores del proceso asociados a cada criterio para cada alternativa. Los valores de estos indicadores fueron obtenidos de la simulación de las alternativas en el software Promodel® (Tabla 1).

Compare the relative importance with respect to: Seleccionar el mejor proceso de producción				
	Utilización de las maquinas	Utilización de los operarios	Producción obtenida	Costo de la MO y MQ
Utilización de las maquinas			1,0	2,0
Utilización de los operarios			2,0	2,0
Producción obtenida				3,0
Costo de la MO y MQ adicional	Incon: 0,02			

Figura 6: Matriz de Comparaciones pareadas de los criterios respecto a la meta global.

Compare the relative preference with respect to: Utilización de las maquinas			
	Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 0			5,0
Alternativa 1			8,0
Alternativa 2	Incon: 0,04		

Figura 7: Matriz de Comparaciones pareadas de las Alternativas respecto al criterio I

Compare the relative preference with respect to: Utilización de los operarios			
	Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 0			2,0
Alternativa 1			4,0
Alternativa 2	Incon: 0,02		5,0

Figura 8: Matriz de Comparaciones pareadas de las Alternativas respecto al criterio II.

Compare the relative preference with respect to: Producción obtenida			
	Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 0			7,0
Alternativa 1		9,0	2,0
Alternativa 2	Incon: 0,02		

Figura 9: Matriz de Comparaciones pareadas de las Alternativas respecto al criterio III

Compare the relative preference with respect to: Costo de la MO y MQ adicional			
	Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 0			2,0
Alternativa 1		4,0	8,0
Alternativa 2	Incon: 0,00		

Figura 10: Matriz de Comparaciones pareadas de las Alternativas respecto al criterio IV.

Tabla 1: Indicadores de proceso

Alternativa	%Tiempo en Operación MQ	% de Variación respecto a A0	%Tiempo en Operación MO	% de Variación respecto a A0	Cantidad de productos finales obtenidos	% de Variación respecto a A0	CVU MQ Y MO	% de Variación respecto a A0
A0	19,73%	-	76,28%	-	11.908	-	\$ 1,21	-
A1	37,89%	92,07%	86,61%	13,54%	22.683	90,49%	\$ 1,04	-14,59%
A2	25,62%	29,86%	74,21%	-2,71%	21.655	81,85%	\$ 1,34	10,04%

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Selección de la mejor solución

A través del software Expert Choice® se obtuvieron las prioridades cuantificadas de los criterios respecto a la meta global (Figura 11) y la evaluación de cada alternativa respecto a cada uno de los criterios (Figuras 12, 13, 14 y 15).



Figura 11: Priorización de los criterios respecto a la meta global.

De esta manera, se obtiene como resultado que el criterio III es el más importante, seguido de los criterios I, II y por último el criterio IV. Es decir, que la producción obtenida, seguida de la utilización de las máquinas son los criterios que contribuyen con mayor porcentaje al cumplimiento de la meta global. De la misma forma, la disminución del costo unitario de mano de obra y maquinaria adicional es el criterio de menor importancia

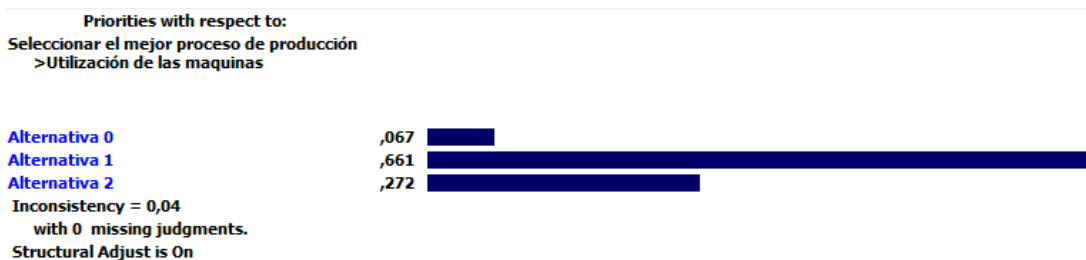


Figura 12: Priorización las Alternativas respecto al criterio I.



Priorities with respect to:  
 Seleccionar el mejor proceso de producción  
 >Utilización de los operarios



Figura 13: Priorización las Alternativas respecto al criterio II

Priorities with respect to:  
 Seleccionar el mejor proceso de producción  
 >Producción obtenida



Figura 14: Priorización las Alternativas respecto al criterio III

Priorities with respect to:  
 Seleccionar el mejor proceso de producción  
 >Costo de la MO y MQ adicional



Figura 15: Priorización las Alternativas respecto al criterio IV.

Asimismo, se obtiene que la alternativa 1 es la más eficiente si se considera el grado de utilización de la maquinaria y los operarios. Cuando se evalúa la producción obtenida, las alternativas 1 y 2 contribuyen en forma importante con este criterio, aunque la alternativa 1 es la mejor. Finalmente, si se analizan los costos unitarios de mano de obra y de maquinaria, la alternativa 1 es la que mejor se comporta y en este criterio es en el que mayor diferencia arroja respecto de las otras dos alternativas.

Como se observa en las figuras 11 a 15, el índice de inconsistencia ha arrojado en todos los casos valores menores a 0.1. Este es un indicador de suma importancia que permite continuar con el proceso de decisión.

Finalmente, se obtiene como resultado la jerarquización u ordenamiento de las tres alternativas consideradas en este caso. La Figura 16 presenta los valores obtenidos.

Synthesis with respect to: Seleccionar el mejor proceso de producción

Overall Inconsistency = ,02



Figura 16: Priorización las Alternativas respecto a la Meta Global.

Como se desprende de la misma, la alternativa con mayor peso es la alternativa 1 con un 64,8%, seguido por la alternativa 2 con un 24,7% y finalmente la alternativa 0 o situación actual con un 10,5%. Así, se puede afirmar que la mejor alternativa para solucionar el problema planteado es la Alternativa 1.

## 5.2 Análisis de Sensibilidad

Para comprobar la robustez de la solución obtenida se realizó un análisis de sensibilidad, donde se variaron las prioridades de los criterios respecto a la meta global. Se pretendió analizar el impacto en la jerarquización de las alternativas si los criterio I, II y IV hubieran sido los más importantes.

En la Figura 17 se presentan los tres escenarios propuestos. En el primer escenario, se plantea que el criterio I es más importante que el criterio III; en el segundo, el criterio II se presenta como el más importante y; en el tercer escenario se ha indicado al criterio IV como el más importante.

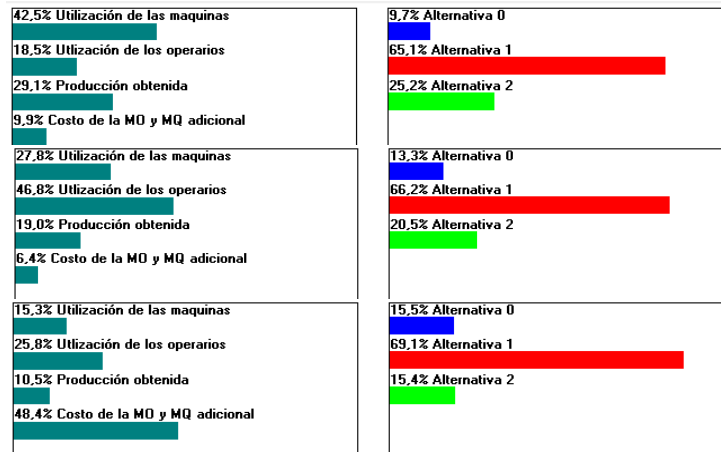


Figura 17: *Análisis de sensibilidad.*

En las tres situaciones sigue siendo la alternativa 1 la mejor solución, lo que es un indicador de la robustez de la decisión.

## 6. CONCLUSIONES

Este trabajo plantea la evaluación y selección de la mejor solución a un problema real de una organización productiva de la región. El problema consiste en el aumento de la capacidad de producción de la empresa para lograr el cumplimiento de las entregas pactadas con los clientes.

La metodología aplicada para determinar la mejor solución es el Proceso Analítico de Jerarquías debido a su capacidad de incluir en la toma de decisión, aspectos cualitativos y cuantitativos.

Como información de entrada se cuenta con los indicadores resultantes de la simulación de dos soluciones alternativas, planteadas en un trabajo previo.

Mediante una labor conjunta con las personas involucradas en el proceso productivo se determinó la estructura jerárquica del problema y la importancia de los criterios y las alternativas de decisión respecto a cada uno de ellos.

Esta información fue procesada por software ExpertChoice®, que simplificó el tiempo de análisis. Como resultado se obtuvo la jerarquización de las alternativas propuestas, permitiendo determinar cuál es la mejor para la empresa de manera tal de solucionar su problemática actual.

La alternativa 1 fue la seleccionada, al obtener la mayor preferencia, y consiste en aumentar la cantidad de operarios y/o maquinarias necesarias al turno de trabajo actual equilibrando la carga de trabajo. Para culminar, mediante un análisis de sensibilidad se pudo corroborar la robustez que sustenta dicha decisión.

Se concluye que el PAJ es una herramienta sumamente eficaz para la toma de decisiones.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Mortara, Verónica; Tabone, Luciana; Zárate, Claudia (2014). "Simulación y análisis del proceso productivo de una empresa de alimentos". VII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial COINI 2014. Puerto Madryn, Argentina.
- [2] Valqui Vidal, R. (2010). "La investigación de operaciones: un campo multidisciplinario". Operational Research: A multidisciplinary Field, pp. 47-52.
- [3] Martínez Rodríguez, Elena (2007). "Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME". Anuario Jurídico y Económico Escurialense, XL.
- [4] Toskano Hurtado, Gerard B. (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.
- [5] <http://www.iosa.com.pe/productos/expert-choice>.

## ANEXO: SIMULACIÓN CON PROMODEL®

### 1. Simulación del proceso productivo actual

Para la simulación en Promodel® del proceso productivo actual se definiendo los siguientes componentes:

- Las entidades definidas son las materias primas, los bollos de masa, los conos vacíos y los conos rellenos.
- Los arribos se definen solamente para las entidades que llegan al sistema que son las materias primas. La frecuencia queda determinada en función de los objetivos a cumplir de cada proceso.
- Las localizaciones que se representan son los almacenes de materias primas y productos terminados, zona de almacén de conos vacíos, zona de congelado de conos, amasadora, balanza, sobadora, horno, mesa de modelado de conos, mesa de armado de relleno, rellenadora, mesa de empaque y selladora.
- Los procesos se programan en función del cursograma sinóptico del proceso y los tiempos estándar de cada operación. Estos tiempos fueron proporcionados por la empresa, resultado de un estudio de tiempos realizado por un asesor externo.
- Los recursos que se necesitan para realizar las operaciones y transportes son los operarios de conos, operario de relleno, operario de empaque y operario de sellado.

Se simula el sistema para un período de una semana que equivale a 40 horas de trabajo. Cabe destacar que la cantidad de recursos que se establecieron en el modelo son los disponibles actualmente por la empresa. En las Tablas 2, 3 y 4 se presentan los operarios (recursos) y maquinas (localizaciones) más importantes del sistema productivo.

Tabla 2: Ocupación de Recursos MO actuales

Operarios	Cantidad	%Tiempo en Operación
Operarios Conos	5	94,76%
Operario Rellenado	1	90,86%
Operario Empaque	1	27,44%
Operario Sellado	1	18,11%

Tabla 3: Ocupación de Recursos MQ actuales

Maquinaria	Capacidad	%Tiempo en Operación
Amasadora	1 masa	18,33%
Balanza	1 masa	10,33%
Sobadora	1 masa	23,33%
Horno	356 conos	26,92%
Rellenadora	1 cono	65,86%
Selladora	1 cono	18,11%

Tabla 4: Producción actual

Productos	Cantidad
Conos cocidos	13.528
Producto Final	11.908

### 2. Alternativa 1

La simulación en Promodel® de las 40 horas semanales para la Alternativa 1 arrojó los resultados presentados en las Tablas 5, 6 y 7.

Tabla 5: Ocupación de Recursos MO Alternativa 1

Operarios	Cantidad	%Tiempo en Operación
Operarios Conos	9	96,05%
Operario Rellenado	2	87,49%
Operario Empaque	1	52,08%
Operario Sellado	1	34,37%

Tabla 6: Ocupación de Recursos MQ Alternativa 1

Maquinaria	Capacidad	%Tiempo en Operación
Amasadora	1 masa	36,19%
Balanza	1 masa	21,02%
Sobadora	1 masa	43,62%
Horno	356 conos	50,73%
Rellenadora	2 conos	82,01%
Selladora	1 cono	34,37%

Tabla 7: *Producción Alternativa 1*

Productos	Cantidad	%Aumento
<b>Conos cocidos</b>	25.276	87%
<b>Producto Final</b>	22.683	90%

### 3. Alternativa 2

La simulación en Promodel® de las 80 horas semanales de la Alternativa 2 arrojó los resultados presentados en las Tablas 8, 9 y 10.

Tabla 8: *Ocupación de Recursos MO Alternativa 2*

Operarios	Cantidad por turno	%Tiempo en Operación
<b>Operarios Conos</b>	5	90,77%
<b>Operario Rellenado</b>	1	99,77%
<b>Operario Empaque</b>	1	24,12%
<b>Operario Sellado</b>	1	15,92%

Tabla 9: *Ocupación de Recursos MQ Alternativa 2*

Maquinaria	Capacidad por turno	%Tiempo en Operación
<b>Amasadora</b>	1 masa	17,88%
<b>Balanza</b>	1 masa	10,29%
<b>Sobadora</b>	1 masa	21,58%
<b>Horno</b>	356 conos	52,72%
<b>Rellenadora</b>	1 cono	57,84%
<b>Selladora</b>	1 cono	15,92%

Tabla 10: *Producción Alternativa 2*

Productos	Cantidad	%Aumento
<b>Conos cocidos</b>	25.276	87%
<b>Producto Final</b>	21.655	82%