

## Enfoque híbrido simulación-proceso analítico jerárquico: caso de estudio del rediseño de un restaurante

GONZÁLEZ SÁNCHEZ, CARIDAD

Centro de Estudios Matemáticos para las Ciencias Técnicas (CEMAT)  
Instituto Superior Politécnico “José A. Echeverría”, La Habana (Cuba)  
Correo electrónico: [caryg@cemat.cujae.edu.cu](mailto:caryg@cemat.cujae.edu.cu)

GARZA RÍOS, ROSARIO

Instituto Superior Politécnico “José A. Echeverría”, La Habana (Cuba)  
Correo electrónico: [rosariog@ind.cujae.edu.cu](mailto:rosariog@ind.cujae.edu.cu)

PÉREZ MALO, EDUARDO

Almacenes Universales, La Habana (Cuba)  
Correo electrónico: [pdireccion3@geam.minag.cu](mailto:pdireccion3@geam.minag.cu)

### RESUMEN

La simulación ha demostrado ser una técnica potente y particularmente eficaz para valorar diferentes alternativas de solución de problemas, sin ser necesaria su experimentación real. En particular, resulta útil para la toma de decisiones cuando se desea organizar los puestos de trabajo en una organización donde existan variables que tengan un comportamiento aleatorio e influyan en los resultados. En este trabajo se propone utilizar la simulación discreta para el rediseño y organización del trabajo en un restaurante de comida criolla, el cual presenta problemas en su diseño actual (entre los que destacan: demoras en la atención a los clientes, aumento de los tiempos de espera para sentarse), lo que ha provocado una disminución en las ventas en el último período. Con la simulación se realiza la modelización y evaluación de diferentes alternativas de organización del trabajo y, posteriormente, para el ordenamiento y la selección de la mejor alternativa, se utiliza el enfoque multicriterio en espacios discretos, específicamente el método analítico jerárquico desarrollado por Thomas Saaty, utilizando para ello el *software* “Jerarquías”.

**Palabras clave:** simulación; multicriterio; multiatributo; satisfacción.

**Clasificación JEL:** C63.

**MSC2010:** 90B90.

# Hybrid Approach between Analytic Hierarchy Process and Simulation: Case Study, Redesign of a Restaurant

## ABSTRACT

The simulation has proved a particularly effective and powerful technique to evaluate different alternatives for solving problems, without being required actual experimentation. It is particularly useful for decision-making when you want to organize jobs in an organization where there are variables that have random behavior and influence the results. This paper proposes to use the discrete simulation for redesign and organization of work in a local food restaurant, which presents problems in its current design (among which are: delays in customer service, increased time waiting to sit), which has caused a decline in sales in the fourth quarter. With the simulation, it is obtained the modeling and evaluation of different alternatives of work organization and later, for the ordering and the selection of the best alternative, multicriteria approach is used in discrete spaces specifically the Analytic Hierarchic method, which was developed by Thomas Saaty, by using the software “Hierarchies”.

**Keywords:** simulation; multicriteria; multiattribute; satisfaction.

**JEL classification:** C63.

**MSC2010:** 90B90.



## 1. INTRODUCCIÓN

La rápida evolución de las tecnologías de la información y la comunicación ha hecho posible que la simulación se haya convertido en una de las técnicas más utilizadas en la actualidad, debido a que permite estudiar y experimentar las complejas iteraciones que ocurren en el interior de un sistema dado, ya sea una empresa, industria o un subsistema de cualquiera de ellas, proporcionando en poco tiempo sugerencias para mejorarlo, reduciendo significativamente el riesgo asociado en el proceso de toma de decisiones (Pérez, 2001).

De igual manera, mediante la simulación se pueden realizar cálculos de carga y capacidad en las líneas productivas o de servicio, nivel de utilización de los equipos y recursos, así como otros indicadores los cuales permiten observar el estado del proceso simulado (Pérez, 2011).

Como se ha descrito, la simulación es una técnica que permite analizar diferentes alternativas de organización del trabajo en un espacio de tiempo limitado sin tener que realizar inversiones y gastos de recursos en el sistema real; sin embargo, si se desea seleccionar entre todas las alternativas la mejor considerando un conjunto determinado de criterios, es necesario posteriormente la utilización de técnicas multicriterio. Existen múltiples técnicas para la toma de decisiones multicriterio, entre las que se encuentran la función de utilidad, la filosofía de los ELECTRE, PROMETHEE (Valerie, 2002), el método PRESS (Aragónés, 1997), el AHP (Saaty, 1990) entre otros. En la literatura no se plantea de forma absoluta la supremacía de uno de estos métodos sobre los otros, solo que ante las características de determinados problemas y de las preferencias del decisor, es mucho más ventajoso la aplicación de uno de ellos.

En este trabajo, los autores utilizan el método AHP por las posibilidades de establecer una organización jerárquica del problema en diferentes niveles desde el objetivo general, los criterios y subcriterios hasta las alternativas; dicho método incluye comparaciones pareadas entre los criterios para determinar los pesos o importancia relativa de cada uno de ellos a través de la escala propuesta por Saaty, detecta dentro de ciertos límites la incoherencia de los decisores, permite además obtener los pesos de las alternativas para cada uno de los criterios a través de los juicios de valor de los decisores, garantizando obtener el ordenamiento de las alternativas, y considerando además la independencia de los atributos tenidos en cuenta que son: productividad, tiempo de espera, porcentaje de utilización de los obreros y clientes atendidos, pues la simulación permite obtener la media para cada día simulado y con esta determinar la media de las medias que fue el valor utilizado para comparar las alternativas.

Un restaurante es una empresa que se basa en los mismos principios de administración y organización que las demás y se toman decisiones tales como: cambiar el menú, aumentar o disminuir precios, cambiar de proveedores, contratar a un chef o un maître, ampliarse, reducirse, comprar, vender, publicitar, reducir plantillas, variar horarios; en fin, un sinnúmero de estas que deben estar sustentadas por la información de la que se dispone para poder llevarlas a un buen fin.

Tal como dice Eduard Punset en su libro “Adaptarse a la marea”: *“En tiempos de aflicción lo mejor es mutar”* (Punset, 2006). Hoy en pleno empuje de la crisis y en un mar de dudas sobre el futuro, más que nunca es necesario mutar para buscar respuestas a nuevos o antiguos problemas que, hasta ahora, no se han podido solucionar. En la actualidad, se escucha por doquier que las empresas deben optimizar los recursos humanos, con el objetivo de incrementar la producción con un número más ajustado de trabajadores. Esto conduce a la racionalización de las estructuras empresariales y a una revisión profunda de los modelos de análisis.

El reto de las organizaciones radica en adaptarse a los cambios, enfocando las acciones hacia la implementación de modelos modernos y dinámicos que no solo revelen la necesidad del cambio, sino cómo se debe efectuar este de forma tal que se logren los objetivos a través de las estrategias trazadas.

En el restaurante objeto de estudio se ha tratado de crear las condiciones para introducir las nuevas tecnologías para resolver los problemas a los que se enfrenta y mejorar su desempeño. Para ello se utilizará la simulación discreta y el método analítico jerárquico AHP (Saaty, 1990) para analizar las posibles alternativas, seleccionar la más adecuada y contribuir al incremento de la satisfacción del cliente y por ende de las ventas.

## **2. MARCO METODOLÓGICO**

### **2.1 Simulación discreta**

La simulación es utilizada para el análisis de diferentes problemas entre los que se encuentran Ingeniería Logística, identificar los cuellos de botella, introducir nuevas líneas de productos, implementar el método “justo a tiempo”, mejorar la calidad de servicio, optimizar la programación de la producción, reducir tiempos de espera, eliminar desperdicios de tiempo, etc. (Lieberman, 2006). No en vano, empresas importantes como Nokia, Motorola e IBM, por solo mencionar algunas, la utilizan para la solución de estos problemas.

La simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo (Ríos, 2008). La simulación, como herramienta para la toma de decisiones, posibilita a la organización, a través de asistentes informáticos que agilizan su explotación, estudiar los distintos parámetros que caracterizan sus procesos, permitiendo analizar diferentes escenarios sin necesidad de modificar las condiciones existentes en la realidad, lo que viabiliza los procesos de cambios en las organizaciones, optimiza el tiempo y minimiza el consumo de recursos económicos en el proceso de implementación de mejoras (Guasch *et al.*, 2003).

La simulación de procesos, al igual que otras herramientas cuantitativas de trabajo, presenta ventajas y limitaciones; en la Tabla 1 se destacan algunas de las más relevantes.

VENTAJAS	LIMITACIONES
Observar el sistema funcionando tal como lo haría en la realidad en distintas situaciones.	La simulación es imprecisa y no se puede medir el grado de imprecisión.
Evaluar los efectos que tendrían nuestras decisiones estratégicas, minimizando los riesgos.	Los resultados de la simulación son numéricos; por tanto, surge el peligro de atribuir a los números un grado mayor de validez y precisión.
Conocer los efectos de diversos escenarios.	Es difícil aceptar los modelos de simulación y difícil de vender.
Detectar cuellos de botella y oportunidades para mejorar los procesos actuales	Los modelos de simulación no dan soluciones óptimas.
Optimizar las inversiones, eligiendo el esquema que produce el resultado buscado, con la mínima inversión	Requiere largos periodos de desarrollo.

Tabla 1: Ventajas y limitaciones de la simulación.

Fuente: elaboración propia

## 2.2 Método analítico jerárquico (AHP)

El AHP es una herramienta metodológica que ha sido aplicada para resolver diferentes problemas de toma de decisiones multicriterio en presencia de uno o múltiples expertos, logrando incorporar las preferencias de todos los involucrados en el proceso de toma de decisión.

Se construye un modelo jerárquico, que permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema, desarrollando un proceso de obtención de opiniones de expertos que responden a la pregunta sobre el predominio de un elemento sobre otro cuando se comparan respecto a un criterio. “Se trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusión” (Saaty, 1990).

El mismo se fundamenta en:

- la estructuración del modelo jerárquico (representación del problema mediante identificación de metas, criterios, subcriterios y alternativas). Todos los elementos del nivel inferior deben poder compararse a partir de alguno o todos los elementos del nivel superior;
- priorización de los elementos del modelo jerárquico;
- comparaciones binarias entre los elementos;
- evaluación de los elementos mediante asignación de “pesos”;
- ranking de las alternativas de acuerdo con los pesos dados;
- análisis de sensibilidad.

## 2.3 Procedimientos para la utilización de la simulación

Existen diferentes procedimientos a seguir cuando se decide utilizar la simulación (Law, 2006; Lieberman, 2006; Delgado, 2011). En general, todos presentan una serie de etapas que deben ser transitadas a la hora de planificar un experimento de simulación y entre ellos no se presenta

ninguna contradicción, sólo que algunos integran en una etapa dos o más de las dadas por otros.

En general los pasos de los procedimientos se pueden resumir en:

1. Definición del sistema.
2. Recopilación y análisis estadístico de la información.
3. Construcción del modelo a través de la simulación.
4. Validación del modelo.
5. Diseño de experimento de la simulación.
6. Análisis de los resultados

Como este, muchos son los procedimientos que hablan de cómo conducir un experimento de simulación. Sin embargo, no se trata en ellos de cómo enfrentar la diversidad de factores controlables y no controlables que pueden intervenir en el estudio y afectar de algún modo las respuestas del sistema, desarrollándose un nuevo enfoque la simulación optimización.

La simulación-optimización se define como el proceso de hallar los mejores valores de las variables de entrada, esto es los que más influyen en la respuesta del sistema y que proporcionan las condiciones óptimas para el funcionamiento del mismo. La integración de la simulación con la optimización es un desarrollo reciente, lo que se aprecia fácilmente comparando las ediciones previas con las actuales (Kelton, 2000; Banks *et al.*, 2000).

Este enfoque relaciona la simulación con la optimización para intentar encontrar mejores configuraciones de un sistema, permitiendo simularlo y optimizarlo. De esta manera, utiliza las bondades de dos herramientas poderosas para lograr un nuevo tipo de resultados. La simulación discreta se utiliza para modelar y simular un sistema en el que intervienen componentes aleatorias, que permiten capturar la operatividad del sistema pero no encuentran soluciones óptimas y la optimización que permite asignar recursos limitados y encontrar soluciones para optimizar cierta medida del desempeño del sistema en cuestión (Cardona, 2007).

Para utilizar el enfoque simulación optimización es necesario introducir en el procedimiento anterior otras etapas, en la etapa 6, que en el procedimiento anterior se realizaba el análisis de resultados, se determinarán los factores incidentes utilizando herramientas estadísticas de diseño de experimentos así como se obtendrá el polinomio que mejor se ajusta a las características del problema, se propone incluir una etapa 7 de optimización, donde se conformará el modelo matemático; es decir, se definirá la función objetivo y las restricciones del modelo, y se seleccionará el método de solución más adecuado, en la etapa 8 se incluirá el análisis de los resultados que se realizaba anteriormente en la etapa 6.

El enfoque simulación-optimización permite obtener la mejor combinación de los recursos para optimizar una medida de efectividad, considerando la variación en las cantidades de recursos como restricciones. Sin embargo, si el objetivo del estudio es obtener la mejor combinación de los factores controlables, considerando un conjunto de criterios, no sería conveniente utilizar este enfoque para resolver el problema. Es por esto que los autores

proponen utilizar el procedimiento que se presenta a continuación, el cual conjuga armónicamente el procedimiento descrito en este epígrafe y el procedimiento para la utilización de las técnicas multicriterio en espacios discretos (Aragonés, 2003; Valerie, 2002; Tabucanon, 1988).

### **3. MODELO PROPUESTO**

Existen diferentes trabajos que utilizan el enfoque simulación–AHP para resolver un problema concreto; entre ellos, en Te Xu (2011) se muestra un procedimiento para llevar a cabo el proceso de toma de decisiones en el cual aparece una etapa que es la correspondiente a la simulación y otra relacionada con los pasos necesarios para la aplicación del AHP y Rabelo (2005) plantea la utilización de modelos híbridos de simulación de eventos discretos y la dinámica de sistemas para analizar la cadena de suministro y el AHP para minimizar la incertidumbre de las decisiones tomadas.

En este trabajo, se combina un modelo de simulación discreta y el AHP, ejecutándose conjuntamente etapas definidas en la simulación y etapas a utilizar por las técnicas multicriterio, con la intención de generar múltiples alternativas de solución del problema de rediseño de un restaurante, determinando las distribuciones de los datos para diferentes formas organizativas o alternativas utilizando las facilidades que brinda un lenguaje de simulación y la evaluación de las alternativas por el AHP. El modelo propuesto consta de las siguientes etapas:

- 1.** Definición del sistema.
- 2.** Recopilación y análisis estadístico de la información.
- 3.** Generación de las variantes (alternativas) de mejora.
- 4.** Selección del grupo de expertos.
- 5.** Seleccionar los criterios a valorar y ponderarlos de acuerdo al método a utilizar.
- 6.** Elaboración de la jerarquía.
- 7.** Construcción del modelo a través de la simulación para cada una de las variantes generadas.
- 8.** Validación del modelo.
- 9.** Diseño de experimento de la simulación.
- 10.** Análisis de los resultados de las variantes generadas a través de la simulación con cada uno de los criterios definidos.
- 11.** Aplicación de la técnica para ordenación o la selección de alternativas utilizando varios criterios.
- 12.** Análisis de los resultados.

En la Figura 1 se muestra el diseño del procedimiento y la interrelación entre las etapas. En color malva oscuro se muestran las fases relacionadas con la aplicación de la técnica multicriterio, en este caso el AHP, aunque puede ser utilizada cualquiera de las existentes que

sea factible de utilizar de acuerdo a las características del problema, y en malva clara las fases correspondientes al desarrollo de un modelo de simulación.

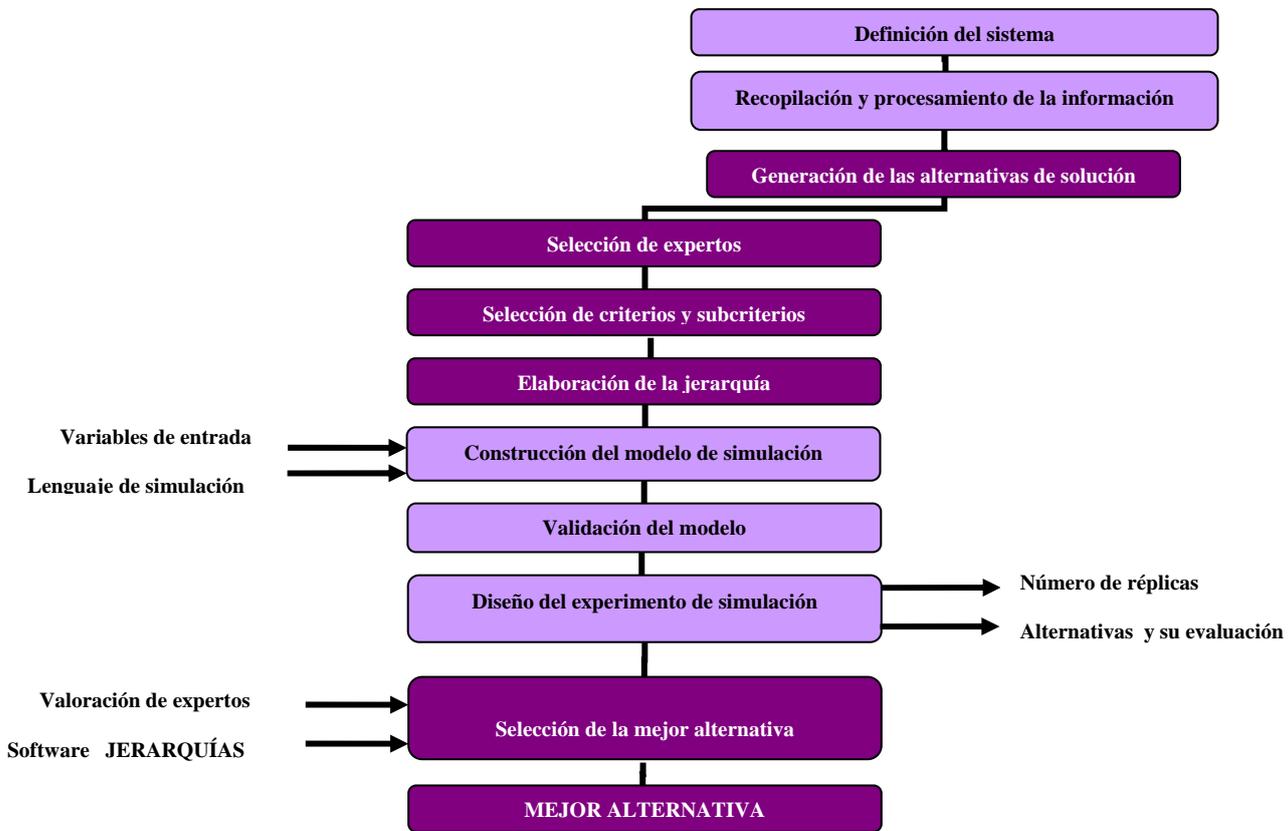


Figura 1: Procedimiento híbrido de Simulación – AHP  
Fuente: elaboración propia

#### 4. ESTUDIO DE CASO

En este estudio se propondrá el rediseño de la organización del trabajo de un restaurante que ha presentado problemas en sus ingresos y en el índice de satisfacción de sus clientes. El restaurante cuenta con 2 salas de comida internacional, una sala de comida criolla y una sala de comida italiana. Cada una de estas salas funciona de forma independiente, lo que ocasiona demoras en el servicio.

El servicio gastronómico brindado por el restaurante se lleva a cabo durante los 7 días de la semana, comienza a las 11:00 a.m. y se extiende hasta las 10:00 p.m. Los horarios de mayor demanda en el servicio son de 12:00 a.m. a 3:00 p.m. y de 6:00 p.m. a 10:00 p.m. Los días de mayor afluencia de clientes son los viernes, sábados y domingos, así como las fechas señaladas y los días de realización de ferias y eventos en un recinto cercano al restaurante. La Figura 2 muestra la distribución espacial actual del restaurante objeto de estudio.

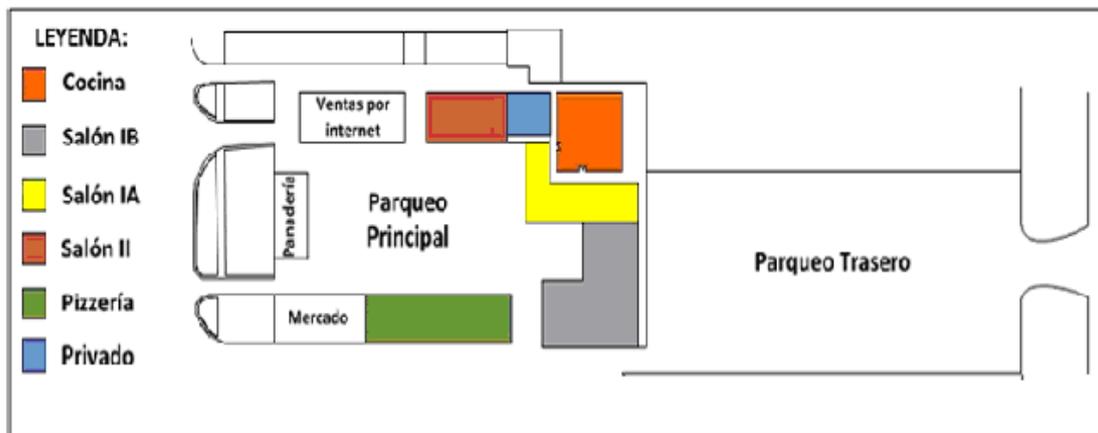


Figura 2: Distribución espacial del restaurante.  
Fuente: elaboración propia

Como se observa en la Figura 2, si un cliente solicita servicio de diferentes salones del restaurante, el dependiente tendrá que recorrer 5,7 metros como promedio, lo que contribuye a la demora del cumplimiento de este.

Se realizó un análisis de la situación actual en el restaurante utilizando diferentes herramientas de ingeniería industrial para detectar los principales problemas; también se estudió la organización del restaurante para determinar las causas que provocan la insatisfacción de sus clientes (Espinosa, 2009). El ingreso obtenido por el restaurante objeto de estudio se analizó a través del comportamiento de las ventas totales; en la Figura 3 se muestra el comportamiento de las mismas entre los años 2007 a 2012.



Figura 3: Ventas totales de los años 2007 al 2012  
Fuente: elaboración propia

Como se observa, las ventas han decrecido en los últimos 2 años, lo que reafirma la necesidad de realizar el presente estudio, con el objetivo de diseñar nuevas estrategias en la organización del trabajo que garanticen mejoras en el servicio gastronómico y que resulte un impacto positivo en los ingresos de la entidad y en la satisfacción de los clientes.

El nivel de satisfacción del cliente externo es de 3,9 puntos sobre un máximo de 5, lo que cataloga el servicio ofertado por el restaurante como “regular”; estos resultados fueron obtenidos a través de una encuesta (Pérez, 2011). En esta investigación sobresalieron quejas como la falta de rapidez y profesionalidad del personal del servicio gastronómico, expresadas por el 69,8% de los encuestados.

De los problemas encontrados, se seleccionaron los de carácter organizativo, cuya mejora puede ser evaluada a partir de indicadores (Garza, 2012). Estos fueron:

1. Demora en la atención al cliente.
2. Existencia de colas durante los fines de semana, fechas señaladas y eventos.
3. No están normados los tiempos de las actividades que se realizan durante todo el proceso.
4. No tienen en cuenta indicadores cuantitativos que permitan controlar la calidad del servicio.

Todos estos problemas son el resultado de una inadecuada organización del trabajo por lo que se utilizó el procedimiento propuesto. Para la recopilación y análisis estadístico de la información, se valoró el comportamiento de determinadas variables que afectan al funcionamiento del sistema de servicio. Las variables determinadas fueron:

- Tiempo entre llegadas de los grupos de clientes.
- Características de los grupos que llegan (cantidad de comensales).
- Tiempo de servir líquidos (incluye desde la toma de la orden hasta la entrega de los mismos).
- Tiempo de orden de los platos (desde que toma la orden hasta que se entrega la comanda al dependiente cocina).
- Cantidad de platos y sus características.
- Tiempo que demora registrar una comanda.
- Tiempo de servir el pedido desde la cocina.
- Tiempo de cena de los clientes.
- Tiempo de beber líquidos.
- Tiempo de pedido del postre (desde que se toma la orden hasta que se entrega la comanda al dependiente de cocina).
- Tiempo de servicio del postre.
- Tiempo de comer el postre.
- Tiempo de confección del vale.
- Tiempo de entrega de la cuenta.
- Tiempo para el cálculo del vuelto.
- Tiempo de entrega del vuelto.
- Tiempo de desbarace de la mesa.
- Tiempo de secar y envolver los cubiertos.

Para la determinación de la distribución probabilística de cada una de estas variables, se diseñó un muestreo aleatorio seleccionando tres días por semana: viernes, sábados y domingos. El estudio tuvo una duración de nueve días y las observaciones se realizaron en el horario comprendido entre las 12:00 p.m. y las 4:00 p.m., en que existe la mayor afluencia de clientes; esto permitió contar con el tamaño de muestra necesario para poder inferir acerca de los

resultados estadísticos. Los tiempos de elaboración de los platos en las cocinas se obtuvieron a partir de las cartas tecnológicas y la probabilidad de pedir cada uno de los platos que se ofertan se determinó a través de los pedidos realizados por los clientes en la muestra seleccionada. Las distribuciones se obtuvieron utilizando la opción Input-Analyze del ARENA 7.01 (Kelton, 2009), que permite, introduciendo los datos obtenidos del muestreo, determinar la distribución que más se ajusta a los mismos. En la Tabla 2 se muestran las distribuciones que caracterizan la situación actual.

<b>Variables</b>	<b>Pizzería</b>	<b>Salón 1</b>	<b>Salón 2</b>	<b>Salón 3</b>
Tiempo entre llegada clientes	Gamma(0,18;5,51)			
Tiempo servir líquido	Uniforme (1,01;2,39)	Uniforme (1,19;2,51)	Uniforme (1,4;2,53)	Uniforme (1,43;2,7)
Tiempo solicitar la orden	Uniforme (0,43;0,87)	Uniforme (0,67;1)	Uniforme (0,66;1,23)	Uniforme (0,83;1,65)
Tiempo servir el pedido de la cocina	Uniforme (0,73;1,87)	Uniforme (0,47;2)	Uniforme (1,15;2)	Uniforme (1,26;1,95)
Tiempo comer los clientes (un plato)	Normal (10,1;2,03)	Normal (11,1;2,4)	Normal (7,78;1,26)	Normal (11,8;1,67)
Tiempo pedido del postre	Uniforme (0,14;0,31)	Triangular (0,14;0,179;0,32)	Uniforme (0,17;0,9,39)	Uniforme (0,67;1,13)
Tiempo servir el postre	Uniforme (0,39;0,61)	Uniforme (0,48;0,82)	Uniforme (0,17;0,41)	Uniforme (1,15;1,83)
Tiempo comer el postre	Normal (6,49;1,25)	Normal (5,78;1,24)	Normal (5,7;1,78)	Normal (5,85;1,43)
Beber el líquido	Normal (5,16;1,62)	Normal (5,19;1,09)	Normal (4,9;1,21)	Triangular (2,19;5,3;8)
Tiempo registrar comanda	Uniforme(1,2;1,42)			
Confección del vale	Uniforme(0,1;0,12)			
Tiempo entrega de la cuenta	Uniforme (0,36;0,94)	Uniforme (0,36;0,85)	Uniforme (0,48;0,9)	Uniforme (0,56;1,26)
Cálculo de la vuelta	Uniforme(0,1;0,15)			
Entrega de la vuelta	Uniforme (0,45;1,15)	Uniforme (0,66;1,24)	Uniforme (0,73;1,36)	Uniforme (0,76;1,56)
Desbarace de la mesa	Uniforme (0,41;0,88)	Triangular (0,17;5,30;235;0,3)	Triangular (0,27;0,333;0,52)	Uniforme (0,46;0,92)
Secar y envolver cubiertos	Uniforme(1;1,2)			

Tabla 2: Distribuciones que caracterizan las variables aleatorias de la situación actual.

Fuente: elaboración propia

Para los modelos de rediseño se combinaron las muestras de una misma actividad tomadas en cada uno de los salones analizados, para determinar así la distribución que más se ajusta a los datos, los resultados en este caso se muestran en la Tabla 3. A continuación se proponen las variantes o alternativas de solución que están fundamentadas a partir del rediseño del servicio gastronómico. Este rediseño se basa en la modificación de los cuatro salones existentes en un solo salón que contemple la capacidad de comensales que actualmente existen en el servicio gastronómico (ver la Figura 4).

VARIABLES	DISTRIBUCIÓN	RECURSO
Llegada de los clientes	Gamma(0,18;5,51)	
Servir líquido	$1+1,56 * \text{Beta}(2,19;2,1)$	Dependiente
Realizar la orden de los platos	$0,35 + \text{LOGnormal}(0,556;0,303)$	Dependiente
Servir el pedido en la cocina	Normal(1,44;0,365)	Dependiente de cocina
Comer los clientes (1 plato)	Triangular(2;11,1;17)	Mesa
Pedido del postre	$0,05 + \text{LOGnormal}(0,355;0,281)$	Dependiente
Servir el postre	$0,03 + \text{LOGnormal}(0,732;0,56)$	Dependiente
Comer el postre	Normal(5,98;1,45)	Mesa
Beber un líquido	Normal(5,09;1,32)	Mesa
Demora registrar la comanda	Uniforme( 1,2;1,42)	Dependiente mochila
Confección del vale	Uniforme( 0,1;0,12)	Cajero
Entrega de la cuenta	Normal(0,691;0,178)	Dependiente
Cálculo de la vuelta	Uniforme(0,1;0,15)	Cajero
Entrega de la vuelta	Normal(0,974;0,208)	Dependiente
Desmonte de la mesa	$0,14 + 0,81 * \text{Beta}(1,26;1,63)$	Dependiente mochila
Secar y envolver cuchillos (1 juego)	Uniforme(1;1,2)	Dependiente mochila

Tabla 3: Distribuciones de probabilidad de las variables que tiene comportamiento aleatorio.  
Fuente: elaboración propia

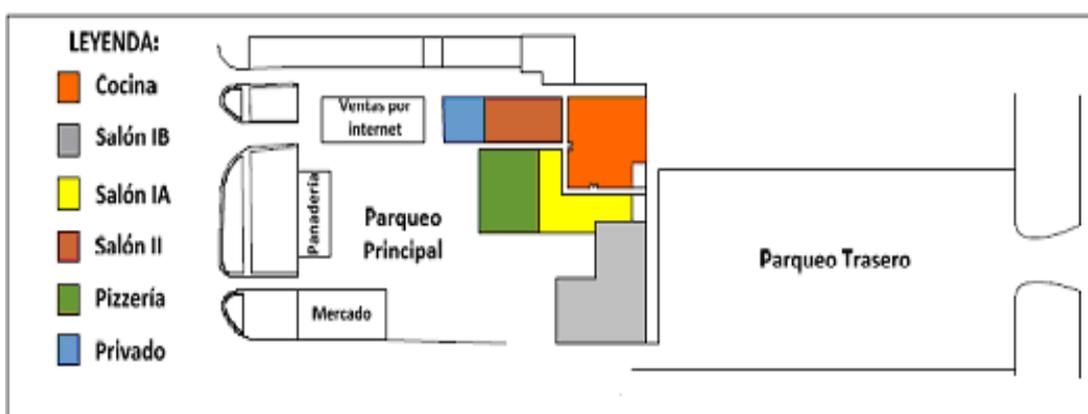


Figura 4: Rediseño de la distribución espacial.  
Fuente: elaboración propia

A continuación se exponen las tres propuestas realizadas (alternativas de solución):

### Propuesta 1:

Rediseño del servicio gastronómico con la cantidad de trabajadores actual. La idea de esta propuesta consiste en reunificar cada uno de los salones del servicio gastronómico en un solo salón, con la misma capacidad de comensales y con la cantidad de dependientes que se encuentran actualmente prestando servicio. En la Tabla 4 se muestra la capacidad de las mesas y la cantidad total de estas, mientras que en la Tabla 5 aparece la cantidad de dependientes.

Salones	Cantidad de mesas	de Comensales
Pizzería	18	92
Salones de comida internacional	31	150
Salón de comida criolla	18	88

Tabla 4: Capacidad de los salones del restaurante.  
Fuente: elaboración propia

<b>Cargo</b>	<b>Cantidad de trabajadores</b>
Dependiente	8
Dependiente de cocina	4
Dependiente mochila	5

Tabla 5: Cantidad de dependientes utilizados para la simulación.  
Fuente: elaboración propia

**Propuesta 2:** Rediseño del servicio gastronómico con la cantidad de trabajadores actual y la redistribución de la fuerza de trabajo. Esta propuesta posee las mismas características que la descrita anteriormente, con la diferencia de que uno de los dependientes mochila pasa a realizar las actividades del dependiente de cocina. Este cambio de recurso se fundamenta en el aprovechamiento del tiempo de trabajo de cada uno de los dependientes obtenida en la simulación de la propuesta anterior, lo que se presenta en la Tabla 6.

	<b>Pizzería</b>	<b>Salones de comida criolla</b>	<b>Salón de lechón asado</b>
Dependiente	63,32	68,575	64,72
Dependiente de cocina	74,18	77,485	70,52
Dependiente mochila	38,99	58,765	58,79

Tabla 6: Porcentaje de aprovechamiento del tiempo de trabajo de los dependientes.  
Fuente: elaboración propia

Como se observa, el dependiente de cocina tiene el aprovechamiento del tiempo de trabajo más elevado que los demás, mientras que el dependiente mochila es el que ostenta el aprovechamiento más pobre, decidiéndose entonces generar una variante redistribuyendo la cantidad de dependientes en los salones como se muestra en la Tabla 7.

<b>Cargo</b>	<b>Cantidad de trabajadores</b>
Dependiente	8
Dependiente de cocina	5
Dependiente mochila	4

Tabla 7: Redistribución de la fuerza de trabajo.  
Fuente: elaboración propia

**Propuesta 3:** Rediseño del servicio gastronómico con la cantidad de recursos proyectados. Esta propuesta se diferencia de las anteriores en la cantidad de recursos empleados (cantidad de mesas y dependientes) en el servicio ofrecido. Según información brindada por el departamento de Recursos Humanos, el servicio gastronómico en el restaurante tiene planificada una plantilla que actualmente no se encuentra cubierta en su totalidad. Por esta razón, se decide simular cómo funciona el restaurante al completarse la plantilla; los datos de los recursos utilizados en esta variante se muestran en la Tabla 8.

<b>Cargo</b>	<b>Cantidad de trabajadores</b>
Dependiente	12
Dependiente de cocina	5
Dependiente mochila	7
Cajeros	4
Mesas	74

Tabla 8. Cantidad de recursos utilizados para simular dicha propuesta.  
Fuente: elaboración propia

Antes de realizar la simulación se definieron las variables a estudiar y las diferentes alternativas de solución. A continuación se exponen las variables de salida de la simulación que deseamos analizar, las cuales constituyen los criterios a tener en cuenta para la toma de decisiones:

- Productividad.
- Tiempo en cola.
- Porcentaje de utilización de los obreros.
- Cantidad de clientes atendidos.

En la Figura 5 se muestra el árbol jerárquico de los atributos definidos.



Figura 5: Jerarquía de los atributos  
Fuente: elaboración propia

Definidos los criterios para la toma de decisiones es necesaria la asignación de los pesos para cada uno, esto se realiza utilizando un trabajo en grupos con la participación del gerente del restaurante, algunos directivos designados por este y los autores del trabajo. El método AHP permite obtener los mismos a través de la comparación pareada entre los criterios o de forma cuantitativa. En la Figura 6 se muestra la entrada de datos para obtener los pesos de los criterios, utilizando el enfoque de comparación pareada que fue el seleccionado, procesado con el software Jerarquía. Se muestra la inconsistencia resultante de las comparaciones.

En este caso la inconsistencia es menor que 0,10, que fue el indicador establecido por Saaty para indicar que el decisor ha expresado sus preferencias de forma consistente.

Con la información anterior se construyeron los modelos de simulación correspondientes utilizando el ARENA 7.01 el cual permitió obtener los valores de las variables a estudiar.

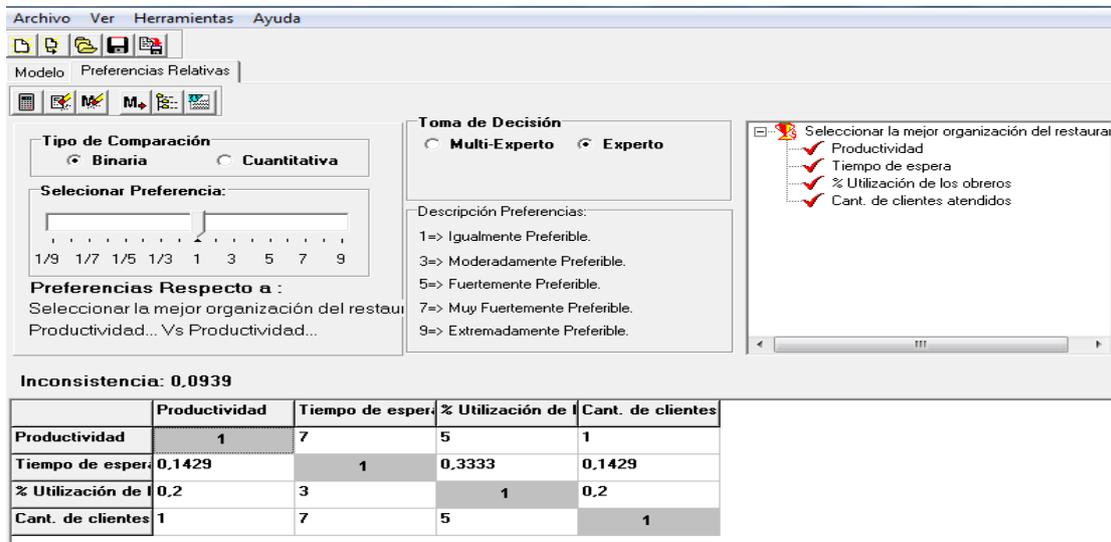


Figura 6: Pantalla de captación de datos  
Fuente: elaboración propia

### Verificación y validación de los modelos diseñados

Una vez concebido el modelo actual de la simulación, se realiza la verificación del mismo; se comprueba que no existen errores en la traducción del modelo concebido al programa de simulación. Para la validación del modelo se utilizan como variables el tiempo de servicio promedio y la cantidad de clientes atendidos, en la Tabla 9 se muestran su comportamiento observándose que no existen diferencias significativas.

	Tiempo de servicio promedio	Cantidad de clientes atendidos
Comportamiento real del sistema (durante el muestreo)	59,36	580
Modelo de simulación del sistema actual	59,31	566

Tabla 9: Comportamiento de la validación del modelo actual.  
Fuente: elaboración propia

### Diseño experimental de la simulación.

Para poder inferir acerca de los resultados, es necesario tener un número de réplicas que sea significativo, de ahí la necesidad de calcular el tamaño de la muestra (número de corridas de la simulación). Para el desarrollo del experimento de simulación se consideró la existencia de una condición de terminación dada por la duración del horario de almuerzo estimado entre las 12:00 p.m. y las 4:00 p.m. Las condiciones iniciales determinadas para cada corrida se consideran invariables.

Como variable de interés para la determinación del número de réplicas, se utiliza la variable independiente *tiempo promedio en cola*, no se selecciona el tiempo en el sistema porque en este influyen múltiples factores como la sobremesa de los clientes. Para el cálculo del número de réplicas necesarias ( $n$ ) de la variable seleccionada se utiliza la siguiente ecuación (Law, 2006):

$$n = n_0 \left( \frac{H_T}{H_0} \right)^2$$

donde:

$n_0$ : número de réplicas piloto.

$H_r$ : es la semiamplitud del intervalo (*half-width*) en la salida de la muestra piloto.

$H_d$ : es la semiamplitud del intervalo deseada.

En la Tabla 10 se muestra el valor de del número de réplicas necesarias para cada variante propuesta.

	Situación actual	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
$n_0$	5	5	5	5
$H_r$	9,1702	4,1036	4,6234	4,0916
$H_d$	2	2	2	2
$n$	106	22	27	22

Tabla 10: Determinación del número de réplicas para cada variante.

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la Tabla 10, las mayores diferencias ocurren en  $H_r$  y  $n$  entre la situación actual y las tres propuestas. Para la situación actual se realizaron 106 réplicas, mientras que para las propuestas 1, 2, y 3 un tamaño de muestra de 30 réplicas, por encima del mínimo de la que dio el mayor tamaño garantizando la representatividad de la población. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 11 y en la Figura 6.

Variables	Variantes			
	Actual	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Tiempo en cola (min)	6,58	2,97	2,44	0,66
Utilización de los recursos (%)	65,75	69,848	68,6	56,608
Cant. clientes atendidos	566	584	591	588
Productividad (CUC / dependiente)	252,81	260,85	263,98	196,98

Tabla 11: Resultados de las corridas de la simulación.

Fuente: elaboración propia

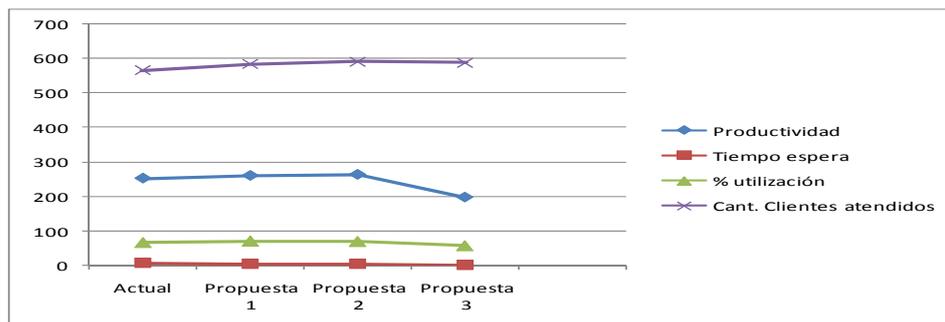


Figura 6: Representación gráfica de los resultados obtenidos.

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la Tabla 11 y la Figura 6, con respecto al tiempo de espera la mejor alternativa sería la 3 con menos de un minuto; en la utilización de los recursos, no existen diferencias significativas entre la actual y las propuestas 1 y 2, siendo la peor la propuesta 3; los peores resultados en la cantidad de clientes se observan en la propuesta actual, no existiendo diferencias apreciables entre las restantes. En la productividad, la propuesta 3 presenta los

peores resultados, no existiendo diferencias entre la situación actual y las propuestas 1 y 2. Esto evidencia la necesidad del uso del procedimiento propuesto.

Para ordenar y seleccionar la mejor alternativa se utilizó el software Jerarquías (Heredia, 2004) el cual fue diseñado para encontrar la solución de un problema multicriterio utilizando el método AHP de Saaty. Como criterios se utilizaron las variables de salida declaradas anteriormente. En la Figura 7 se muestra que la alternativa mejor es la Propuesta 2, en la cual se obtiene el mayor número de clientes atendidos y el resto de las variables de salida es mejor o casi similar a las restantes.

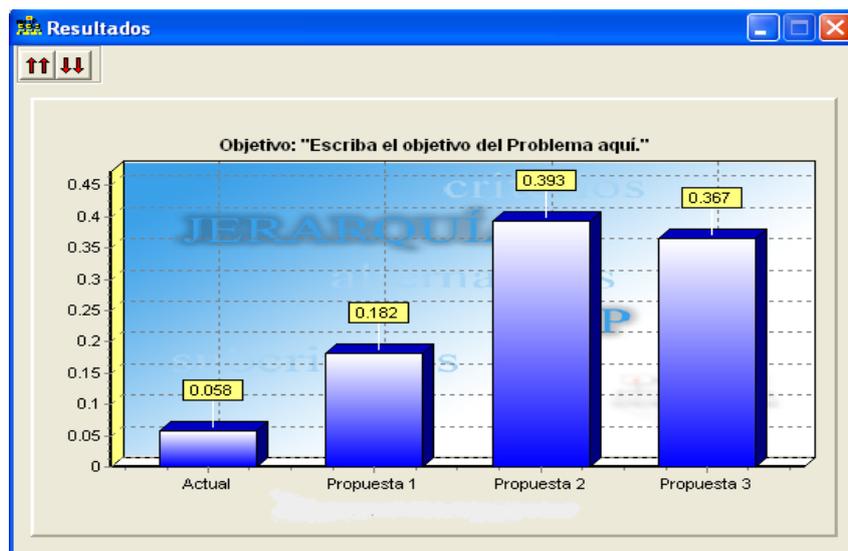


Figura 8: Resultados de la aplicación del AHP.  
Fuente: elaboración propia

Como la mejor alternativa supone el rediseño del restaurante, es necesario realizar un análisis coste-beneficio para su implementación. Para ello, es necesario estimar los costes en que se incurrirían y evaluar la factibilidad de la misma incluyendo los beneficios que traería establecer la nueva organización del trabajo, así como determinar el tiempo necesario para la recuperación de la inversión. Los costes en que se incurre con la remodelación del restaurante se muestran en la Tabla 12.

Concepto	Valores
Coste de demolición y desmontaje	1 827,58 CUC
Coste de construcción y montaje	84 000 CUC
Otros gastos	12 600 CUC
Coste de oportunidad (clientes atendidos * consumo per capita * días sin brindar el servicio)	132 727 CUC
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>231 154,58 CUC</b>
<b>BENEFICIO DIARIO</b>	<b>5 543,58 CUC</b>
<b>TIEMPO DE RECUPERACIÓN</b>	<b>42 días</b>

Tabla 12: Costes para la remodelación del restaurante.  
Fuente: elaboración propia

El beneficio esperado diariamente se determinó como la cantidad de clientes que se puede atender con la propuesta seleccionada multiplicada por 9,38 que es el ingreso per capita en CUC; y el tiempo de recuperación se determina como el coste entre el beneficio y su valor asciende a 42 días, o sea que en un período relativamente bajo esta se recuperará.

## **5. DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos muestran la aplicabilidad del procedimiento combinando simulación y el AHP para dar solución al problema objeto de estudio. El uso de estas herramientas debe integrarse armónicamente para generar un conjunto de alternativas de organización del trabajo, evaluar estas a la luz de los criterios seleccionados y las preferencias del decisor para obtener una solución eficiente.

Los resultados se corresponden con lo planteado en la literatura considerada sobre el uso de las técnicas cuantitativas en la mejora del desempeño de las organizaciones y constituye un aporte en la mejora de la eficiencia y la eficacia del servicio en el restaurante.

Este procedimiento puede ser utilizado para la solución de problemas que requieran de la generación de alternativas en las cuales influyan variables aleatorias que se utilicen para la toma de decisiones, lo cual sería posible a través de la simulación. Puede ser utilizado en cualquier restaurante que haya tenido una disminución en sus indicadores de desempeño y sea necesario investigar las causas que las originan y valorar las mejoras sin realizar cambios en el modelo real.

## **6. CONCLUSIONES**

En el presente trabajo se muestra un enfoque híbrido simulación-AHP para rediseñar la organización del trabajo en un restaurante. Para ello se diseñó un procedimiento que combina el uso de técnicas multicriterio para determinar de las alternativas de solución generadas con el uso de la simulación, específicamente el ARENA 7.01, lo que permitió realizar comparaciones entre los indicadores que resultan de cada alternativa y obtener la ordenación de las alternativas y la selección de la mejor utilizando el AHP y las preferencias de los decisores.

El estudio realizado permitió determinar las reservas en la productividad del trabajo, por lo que presenta un impacto directo en la eficiencia y eficacia de la organización.

Finalmente, la alternativa seleccionada requiere de una inversión que puede ser recuperada en un tiempo breve y genera ingresos de alrededor de 2 023 407 CUC anuales.

## **REFERENCIAS**

- Aragónés, B.P. (1997) "Aproximación a la Toma de Decisiones en Proyectos. Implementación de una metodología multicriterio y multiexperto: PRESS II", *Tesis Doctoral*, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Aragónés, B.P. (2003) "Técnicas de ayuda a la toma de decisiones en proyectos", *Documento de trabajo*. Departamento de Proyectos, Universidad Politécnica de Valencia, 30 p.

- Banks, C. *et al.* (2000) “Discrete-Event System Simulation”, *Editorial Prentice Hall*, 3ª edición
- Cardona, M.L. (2007) “Aplicación de la Simulación y Modelación Matemática para el estudio de Sistemas de Inventarios”, *Tesis de Licenciatura en Ciencias Básicas*, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.
- Delgado, K.; Mejía, M. (2011) “Aplicación de la simulación discreta para proponer mejoras en los procesos de atención en el área de emergencia de un hospital público”, *Industrial Data* [en línea] vol. 14, n°1, pp. 47–54; URL: <http://hdl.handle.net/123456789/4138>
- Espinosa, J. (2009) “Gestión de calidad e inocuidad en restauración”, *II Convención Internacional Alimentación Saludable para la Comunidad y el Turismo*, ACTAC, Varadero, Cuba.
- Garza, R.; González, C.; Pérez, I.; Martínez, E. (2012) “Concepción de un procedimiento utilizando herramientas cuantitativas para mejorar el desempeño empresarial”, *Revista Ingeniería Industrial*, vol. 33, n° 3, pp. 239–248.
- Guasch, A.; Pera, M.A.; Casanovas, J.; Figueras, J. (2003) “Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios”, *Ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña*, 2ª edición, pp. 187–201.
- Heredia, L. (2004) “Jerarquía, Sistema de apoyo a la toma de decisiones”, *Trabajo para el Título de Ingeniero en Informática*, La Habana, Cuba.
- Kelton, W.D.; Law, A.M. (2000) “Simulation Modeling & Analysis”, *Editorial Mc Graw Hill*, 3ª edición.
- Kelton, W.D.; Sadowski R.; Sturrock D. (2009) “Simulation with ARENA”, *Editorial Mc Graw Hill Science Engineering*, 3ª edición.
- Law, A. (2006) “Simulation Modeling & Analysis with expertfit software”. *Editorial Mc Graw Hill International*, 4ª edición.
- Lieberman, G.; Hillier, F. (2006) “Introducción a la Investigación de Operaciones”, *Prentice Hall*, 8ª edición, México.
- Pérez, E. (2011) “Propuestas de organización a partir del rediseño del servicio gastronómico en el restaurante El Palenque”, *Trabajo Grado de Ingeniero Industrial*, La Habana, Cuba.
- Pérez, I. (2001) “Procedimiento para la optimización de experimentos simulados”, *Tesis Doctoral*, Instituto Superior Politécnico José A. Echevarría, La Habana, Cuba.
- Punset, E. (2006) “Adaptarse a la marea”, *Editorial ESPASA CALPE*.
- Rabelo, L. *et al.* (2005) “Supporting Simulation-Based Decision Making with the use of AHP Analysis”, *Proceedings Winter Simulation Conference*, Florida, USA.
- Ríos, I.D. (2008) “Simulación. Métodos y aplicaciones”, *Editorial RA-MA S.A.*, 2ª edición, España.
- Saaty, T.L. (1990) “Decision making for Leaders: the Analytic Hierarchy Process for decision in a complex World”, *Editorial RWS Publications*, University of Pittsburgh, Pittsburgh, USA.
- Tabucanon, M. (1988) “Multiple Criteria Decision Making in Industry, Studies in Production and Engineering Economics”, *Editorial Elsevier*, New York, USA.
- Valerie B.; Stewart, T.J. (2002) “Multiple Criteria Decision Analysis: an integrated approach”, *Editorial Kluwer Academic Publishers*, 2ª edición.
- Xu, D. *et al.* (2012) “A simulation study integrated with analytic hierarchy process (AHP) in an automotive manufacturing”, *Simulation*, vol. 88, n° 4, pp. 450–463.