

II Encuentro de Investigación Formativa Ingeniería Industrial Medellín

Memorias

Diana Rocío Roldán Medina
Beatriz Elena Ángel Álvarez
Compiladoras



Universidad
Pontificia
Bolivariana

© Diana Rocío Roldán Medina (Compiladora)
© Beatriz Elena Ángel Álvarez (Compiladora)
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana

II Encuentro de Investigación Formativa - Memorias

ISSN: 2322-7672

Primera edición, 2012

Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Industrial

Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Mons. Luis Fernando Rodríguez Velásquez

Vicerrector Académico: Pbro. Jorge Iván Ramírez Aguirre

Editor: Juan José García Posada

Coordinación de producción: Ana Milena Gómez C.

Diagramación: Juan Esteban Casas Tejada

Corrector de estilo: César Alejandro Buriticá

Dirección editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2012

Email: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57) (4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1037-16-08-12

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

Contenido

Metales celulares para aplicaciones acústicas	5
Análisis del costo de producción de Esponjas de aluminio	13
Diseño de experimentos vía simulación: aplicación didáctica a un sistema de colas	23
Diseño de experimentos sobre el comportamiento de la absorbancia en el banano.....	33
Estudio de pertinencia de la creación de una maestría en logística desde las oportunidades potenciales o existentes de desempeño y tendencias del ejercicio profesional	43
Aplicación del Diseño experimental a una evaluación ergonómica en un ambiente estudiantil	65
Medición de Capital intelectual usando análisis de componentes principales: Aplicación Esc. Ingenierías UPB.....	75
Propuesta de un modelo de simulación discreta para un proceso de poscosecha: Caso específico inversiones Coquette	87

Modelos de pronóstico para la demanda del fijador dinámico interestacional usando técnicas estadísticas avanzadas y redes neuronales artificiales	109
Las 7 etapas del proceso productivo de una lavandería industrial	133
Optimización parcial del parqueo en la UPB	151

Metales celulares para aplicaciones acústicas

Laura Pomar R.

Univiversidad Pontificia Bolivariana
laura.pomar@alfa.upb.edu.co

Juliana Sánchez P.

Univiversidad Pontificia Bolivariana
juliana.sanchez@alfa.upb.edu.co

Patricia Fernández M.

Univiversidad Pontificia Bolivariana
patricia.fernandez@upb.edu.co

Abstract

In general, it was found that porous materials are excellent sound absorbers. Moreover compared with conventional materials, these are particularly suitable for applications in extreme conditions. In particular, cellular metals have a porous structure that allows the absorption of characteristic vibrations of sound waves. In recent years, cellular metals especially metallic sponges, have been studied in the GINUMA-UPB, and it is intended to provide researching on the acoustic properties and to make a comparison with other currently used materials of the same family. It also presents an analysis of the coefficient of normal incidence sound absorption

of metallic sponges manufactured by the process of Soluble Preform Infiltration. The sponges used for this work, were fabricated with different morphology, varying the thickness and pore size. Finally, it shows the influence of these parameters over the acoustical behavior.

Keywords: Acoustic absorption, absorption coefficient, metallic sponges, cellular metals.

Resumen

En general, se ha comprobado que los materiales porosos son excelentes absorbentes acústicos. Además, en comparación con los convencionales, éstos están especialmente adecuados para aplicaciones en condiciones extremas. Forman parte de ellos los metales celulares con una estructura porosa que les permite la absorción de las vibraciones propias de las ondas de sonido. Desde hace algunos años los metales celulares, en especial las esponjas de aluminio, han sido estudiadas en el GINUMA UPB, a partir de lo cual se pretende aportar en la investigación sobre las propiedades acústicas y su comparación con otros materiales utilizados actualmente y materiales de su misma familia. Se presenta además un análisis del coeficiente de absorción acústica a incidencia normal de esponjas de aluminio fabricadas mediante el proceso de infiltración de preformas solubles (IPS). Se fabricaron esponjas de distinta morfología, variando el espesor y el tamaño de poro. Se muestra la influencia de estos parámetros en el comportamiento acústico.

Palabras clave: Absorción acústica, coeficiente de absorción, metales celulares, esponjas de aluminio.

Introducción

La absorción acústica constituye uno de los principales requisitos para la comodidad humana de hoy. Requisitos de aislamiento acústico en los automóviles, los entornos de habitación y equipos, están propiciando la necesidad para desarrollar materiales más eficientes, económicos y ambientalmente amigables asociados con buenas capacidades de absorción acústica.

Los materiales porosos en general, son considerados materiales con un comportamiento sobresaliente en la absorción de sonido. Entre estos, los de tipo polimérico y las maderas son actualmente los más utilizados para aplicaciones que requieran absorción de sonido. De reciente aparición, los metales celulares son una nueva y llamativa clase de materiales que ofrecen una gran variedad de aplicaciones estructurales y funcionales. Las esponjas metálicas hacen parte de este grupo de materiales y se caracterizan por tener una estructura porosa abierta. Éstas pueden aportar otras características adicionales a su absorción de sonido, tales como su resistencia a las altas temperaturas y aislamiento térmico, dada su buena transferencia de calor y su resistencia mecánica. Además, al ser metálicas pueden ser recicladas en el momento de su desinstalación.

La presente investigación pretende determinar la eficiencia de las esponjas de aluminio en la absorción acústica, y establecer comparativamente, qué potencial de uso pueden llegar a tener en aplicaciones como paneles acústicos para aplicaciones en cerramientos, oficinas, hoteles, locaciones para congresos, centros comerciales, gimnasios, etc.

Metodología

Inicialmente se recolectó la información para llevar a cabo un estado del arte sobre los materiales utilizados comúnmente y el uso de metales celulares en absorción acústica. Se está indagando además, sobre las normas en el campo de la absorción acústica (paneles). Esta etapa está en desarrollo a la fecha.

Después se realizó la fabricación de esponjas de aluminio por medio del proceso de infiltración de preformas solubles (IPS) que consiste en un proceso apoyado en el uso de presión de vacío. Se fabricaron esponjas con dos tamaños de poro y muestras de al menos dos espesores diferentes, para realizar pruebas de absorción acústica, en la figura 1 se muestran 3 tipos de esponjas.

Figura 1. Esponjas de aluminio de diferente tamaño de poro



Se continuó con el desarrollo experimental para determinar la capacidad de absorción acústica de las esponjas de aluminio bajo estudio.

Finalmente se efectuó el análisis de datos y comparación de propiedades de las esponjas de aluminio en comparación con otros materiales, determinación de la influencia de la porosidad y el espesor de la muestra.

Presentación y análisis de resultados

En primer lugar se midió el coeficiente de absorción acústica a incidencia normal mediante el tubo de Kundt (rango 50 - 1600 Hz), de muestras de esponjas de aluminio fabricadas en la Universidad Pontificia Bolivariana. El coeficiente de absorción acústica, es una propiedad extrínseca que depende del espesor y la frecuencia, y que es función de las propiedades intrínsecas del material (porosidad, densidad, etc.).

Los resultados que se presentan, muestran el aumento del coeficiente de absorción a bajas frecuencias, el cual está ligado a dos variables principales, el espesor y el tamaño de poro.

Figura 2. Coeficiente de absorción de esponja de aluminio de espesor 20mm y poro 1mm.

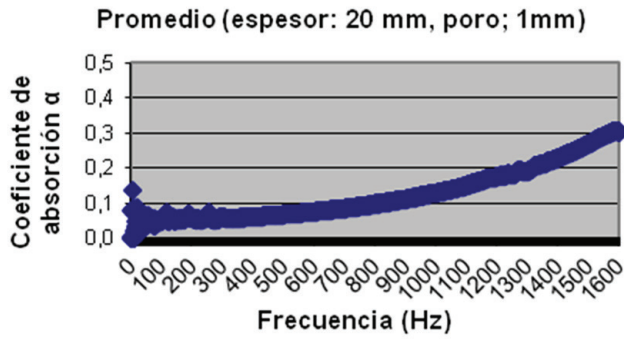


Figura 3. Absorción de esponja de aluminio de espesor 20mm y poro 2mm.

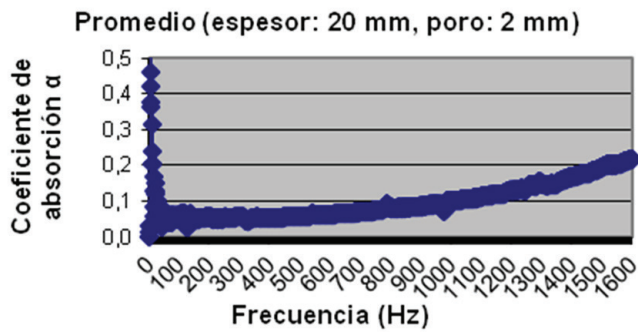


Figura 4. Absorción de esponja de aluminio de espesor 45mm y poro 1mm.

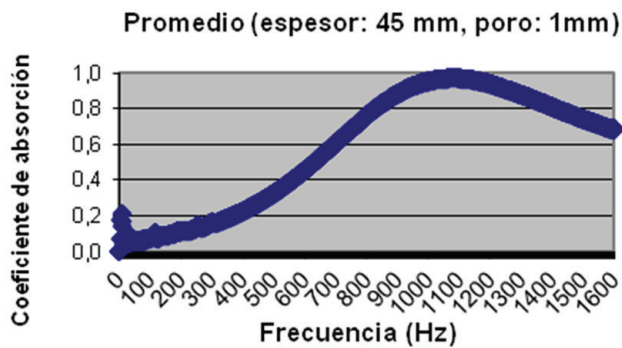
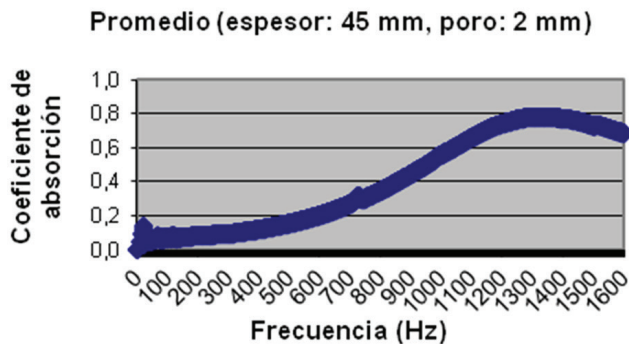


Figura 5. Coeficiente de absorción vs Frecuencia de esponja de aluminio de espesor 45mm y poro 2mm.



Se observa cómo el coeficiente de absorción (α) aumenta a medida que se aumenta la frecuencia. Las esponjas de aluminio utilizadas en este estudio varían en dos de tamaño de porosidad y espesores. El espesor de 45mm alcanza un alto α en comparación con el de 20mm con las mismas condiciones de frecuencia.

Por otra parte, la tortuosidad, entendida como el trayecto complejo creado entre los poros interconectados, influye en la absorción acústica máxima, reduciéndose la frecuencia y la absorción acústica máxima (en menor medida) cuanto mayor es el valor de la tortuosidad.

Aunque el espesor es una variable a tener en cuenta en el α , es más influyente la morfología del poro (tamaño y ubicación) por lo tanto el mejor resultado obtenido en las pruebas realizadas se obtuvieron bajo las condiciones de espesor de 45mm y poro 1mm de las esponjas fabricadas en la Universidad Pontificia Bolivariana.

Cuantitativamente, de las figuras 2 a 4, se puede observar que las esponjas de tamaño de poro 1 mm y 45 mm de espesor, presentan el mejor comportamiento de absorción acústica, alcanzando un valor promedio cercano a 1, máximo valor del coeficiente para materiales utilizados en el campo de absorción de sonido, y equiparable con la lana de vidrio (típicamente usado). Es importante resaltar, que este comportamiento se da a un valor de frecuencia establecido en el rango estudiado, y para este caso, la frecuencia de respuesta fue de 1100 Hz.

Lo anterior quiere decir, que con el fin de establecer la posible aplicación de las esponjas metálicas, se debe analizar la frecuencia que corresponda a este nivel, para que se dé el adecuado uso. Esta etapa está en proceso.

Conclusiones y recomendaciones

Las esponjas de aluminio son materiales con porosidad abierta que logran amortiguar de manera eficiente las vibraciones de tipo acústico, comparativamente con otros tipos de materiales que son actualmente utilizados, incluso que los de la misma familia de metales celulares (espumas o esferas huecas).

De estos primeros resultados se deduce que el coeficiente de absorción acústica de las esponjas de aluminio está regido por dos parámetros principales: el espesor y la morfología del poro (tamaño y tortuosidad).

Por otra parte, las esponjas de tamaño de poro pequeño presentan mejores resultados que las de poro grande, y en cuanto al espesor, un mayor espesor ofrece una mayor cantidad de caminos tortuosos que mejoran la capacidad de absorción de sonido, como era de esperarse.

Referencias

1. Alba, Jesús; Marant, Vincent; Aguilera, Juan Luis; Ramis, Jaime. “Criterios de selección de materiales acústicos absorbentes con técnicas basadas en tubo de kundt”. 2004
2. Banhart, John. “Properties and Applications of Cast Aluminum Sponges”. 2004
3. Castañeda, Jaime Andrés; González, Héctor Álvaro. “Medición del coeficiente de absorción del sonido”. 2004
4. Davies, G.J.; Zhen, Shu. “Metallic foams: their production, properties and applications”. 1983
5. Grant, Paul; Lord, Jerry. “Review of Industrial Survey on Metallic Foams”. 2000
6. Han, Fusheng; Seiffert, Gary ; Zhao, Yuyuan; Gibbs , Barry “Acoustic absorption behaviour of an open-celled aluminium foam”. 2003
7. J. A. González Ganso, C. García Serrada “Propiedades acústicas intrínsecas de los asfaltos porosos”. 2008
8. Lloyd Klepper, David; Banhart, John. “A sound use for metal foam”. 2006
9. Navacerrada, Mª Ángeles; Díaz, César; Pedrero, Antonio; García, Luis E. “Absorción acústica a incidencia normal de espumas de Aluminio”
10. Navacerrada, M. A.; Díaz, C.; Pedrero, A.; García, L.E. “Absorción acústica de espumas de aluminio”. 2008

Análisis del costo de producción de Esponjas de aluminio

Tatiana Quiceno Gomez

Univiversidad Pontificia Bolivariana
tatiana.quicenogo@alfa.upb.edu.co

Laura Margarita Guerrero

Univiversidad Pontificia Bolivariana
laugue_11@hotmail.com

Patricia Fernández M.

Univiversidad Pontificia Bolivariana
patricia.fernandez@upb.edu.co

Abstract

Metal sponges are new materials that offer interesting combinations of very special physical-chemical and mechanical properties. Due to the novelty of these materials it is not yet an essential element in the market, and that is precisely what makes it a topic of high relevance and interest. This article shows an analysis of costs of production through Ashby methodology to establish the viability of the immersion of product in the new marketing, with reference of the comparative costs obtained.

Keywords: new materials, metal sponges, costs analysis

Resumen

Las esponjas metálicas son nuevos materiales que ofrecen interesantes combinaciones de especiales propiedades físico-químicas y mecánicas. Debido a lo reciente de estos materiales, todavía no constituye un elemento fundamental dentro del mercado, y es precisamente esto lo que lo convierte en un tema de investigación con alta importancia e interés. En este artículo se plantea un análisis de costos de producción mediante la metodología de Ashby con el fin de establecer la potencialidad de inmersión del producto para su producción a nivel industrial, con referencia a los costos comparativos obtenidos.

Palabras claves: nuevos materiales, esponjas metálicas, análisis de costos

Introducción

El objetivo del presente trabajo es realizar un primer ejercicio de análisis del costo de fabricación de las esponjas metálicas de aluminio mediante el proceso de infiltración de preformas solubles (IPS) de manera comparativa, y de esta forma establecer un primer acercamiento a la potencial inmersión de la producción industrial de este tipo de materiales.

Las esponjas metálicas cuentan con interesantes propiedades, tales como una densidad baja, contar con diversas características del metal del cual están formadas y tener una estructura abierta de poros interconectados entre sí. Estas esponjas logran reunir muchas características que no se podrían haber encontrado en otro material. Por esta razón tienen un gran potencial para una variedad de aplicaciones, que comprenden: aplicaciones estructurales, absorción de energía de impacto y explosiones, absorbentes de ruidos y vibraciones, intercambiadores de calor, base de catalizadores, entre otras [1]. Esto indica que las esponjas metálicas son aptas para la realización de una gran cantidad de proyectos a nivel mundial. Sin embargo, al ser un material tan reciente, todavía no constituye un elemento fundamental dentro del mercado, y es precisamente esto lo que lo convierte en un tema de investigación con alta importancia e interés.

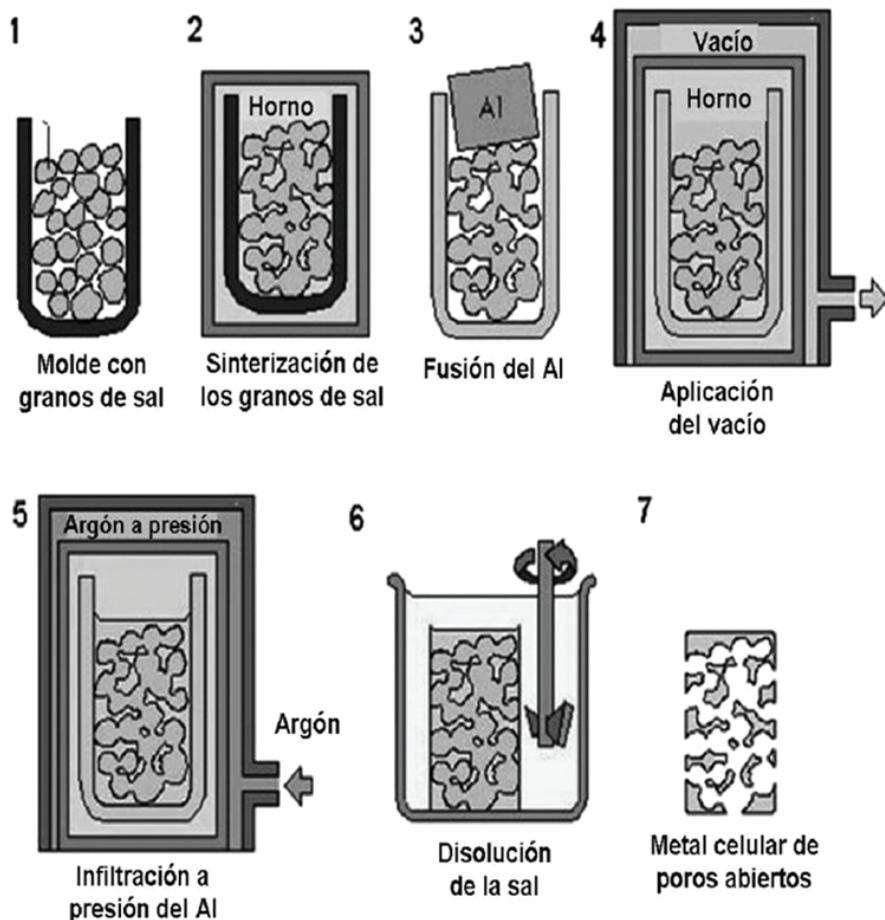
Se plantea entonces hacer un análisis de costos de producción de esponjas de aluminio obtenidas por IPS, de manera comparativa y con base en la metodología propuesta por Ashby [2].

Producción de esponjas de aluminio mediante el método IPS

Las esponjas metálicas pertenecen al grupo de los nuevos materiales, son materiales celulares cuya fase sólida es un metal. Estos metales porosos se clasifican en esponjas (poro abierto), espumas (poro cerrado), y esferas huecas (poros abiertos y cerrados). El interés del presente artículo se centra en las esponjas de poro abierto, las cuales ofrecen una interesante combinación de propiedades físico-químicas y mecánicas, incluyendo las características del metal del cual están formadas. Estas esponjas logran reunir muchas características que no se podrían haber encontrado en otro material, por esta razón son consideradas multifuncionales.

Actualmente las esponjas metálicas se fabrican por un número reducido de empresas ubicadas en países del Oriente, Europa y Norteamérica. Los procesos de producción se presentan de acuerdo al estado en el que se encuentre el metal base: sólido (pulvimetalurgia), en deposición gaseosa o fundido [3-4]. El material desarrollado objeto de este trabajo se encuentra enmarcado dentro de los procesos por fundición, y es denominado Infiltración de Preformas Solubles (IPS). Dicho método consta de la fusión del metal con rellenos removibles de diversa índole (orgánicos o inorgánicos). Para el proceso llevado a cabo en los laboratorios de la UPB, el material removible es el NaCl, el cual, por ser económico y de fácil manipulación, es el más común dentro de los rellenos. Se obtiene un metal celular de poros abiertos, los cuales varían en forma y tamaño de acuerdo al grano de sal empleado. En general, para el proceso IPS mencionado, los pasos son los siguientes:

Figura 1. Esponja metálica obtenida por IPS, Ref. [3].



Costo comparativo de las esponjas metálicas

La fabricación de esponjas metálicas es relativamente costosa, dado que básicamente se obtienen mediante procesos de alto costo, tales como la pulvimetalurgia (el metal se encuentra en estado sólido y se requieren de espumantes), la electro-deposición (el metal se deposita en forma gaseosa sobre una preforma) o algunos procesos por vía líquida que requieren de insumos y equipos especiales de costos relativamente altos.

Las principales propiedades de las esponjas metálicas son: baja densidad, excelente conductividad térmica, alta capacidad de absorción de energías de deformación, alta permeabilidad, estabilidad química, entre otras. La multifuncionalidad de estos nuevos materiales ha hecho que existan variadas aplicaciones potenciales y algunas aplicaciones reales en el gran sector del transporte, automoción y aeronáutico; comprende aplicaciones acústicas, en la amortiguación de pulsos mecánicos, como intercambiadores de calor, estructuras livianas, filtración, electrolisis, dispositivos de calentamiento, entre otras.

Dado a que los metales celulares son de aparición reciente en el campo de los materiales, la industrialización y comercialización de éstos aún se encuentra en estado incipiente a nivel mundial [5]. Adicionalmente, es importante resaltar que ciertamente los metales celulares que se comercializan son en general considerados de alto costo, esto como consecuencia de los métodos de su producción que llegan a ser de alto costo, lo que finalmente se constituye en el principal obstáculo para su industrialización y comercialización. Para una mejor idea de lo que se requiere en cuanto a equipos e insumos para la obtención de metales celulares (base aluminio), en la tabla 1 se listan los principales procesos de producción de uso comercial.

En el presente artículo, se plantea entonces realizar un análisis de los costos de producción de la fabricación de esponjas metálicas mediante el método IPS, teniendo como base fundamental la metodología propuesta por Michael Ashby, de manera que se pueda establecer su viabilidad, con el fin de considerar y evaluar la posibilidad de introducirlos en el mercado y poder establecer los métodos más adecuados a través de los cuales se ejecutaría dicha inserción. De esta manera, muchas empresas y entidades podrían utilizar las esponjas metálicas en sus proyectos, obteniendo gran cantidad de beneficios a costos razonables.

Método de Ashby

Michael F. Ashby (Británico, nacido en 1935) ingeniero de materiales, profesor de investigación de la Royal Society (Real Sociedad de Londres para el Avance de la Ciencia Natural) en la universidad de Cambridge, y realizó estudios previos en las universidades de Harvard y de Gottingen. Es muy conocido por sus aportes a la ciencia y la selección de materiales..

El profesor Ashby propuso un método para la estimación del costo de producción específicamente para metales celulares. Aunque dicho método tiene como fin último establecer la viabilidad económica, comercial y de aplicación de este tipo de materiales, como primera etapa de este trabajo, para este artículo solo se tomará como base para

establecer los principales factores implicados en el costo de producción de manera cualitativa. De esta manera, se establece el balance existente entre su costo y desempeño.

De lo anterior, se procede a elaborar y analizar tres modelos principales: en primer lugar se encuentra el modelo de costos, el cual brinda la información sobre el presupuesto requerido para el proceso de fabricación del material (costo capital), en este modelo se analizan los costos variables, los cuales dependen de los volúmenes de producción y los costos fijos que como su nombre lo indica permanecen constantes y no se ven influenciados por el factor anteriormente mencionado ni por el mercado en general. En este punto, se proporcionan resultados acerca de la influencia que tienen las variables predominantes en el proceso sobre las tasas de producción, y da cuenta del valor agregado que generan muchas actividades incorporadas a dicho proceso. Por otro lado, se encuentra el modelo de desempeño, el cual se basa en el análisis de todo lo relacionado con el diseño, las propiedades del material nuevo, y las aplicaciones que el material fabricado puede brindar, permitiendo así su comparación con las características de otros materiales, en un rango de aplicaciones potenciales. Finalmente, se elabora un modelo de valor, el cual es una combinación entre el modelo de costos y el de desempeño. Este modelo determina el balance entre el presupuesto requerido para la fabricación del material y los beneficios que posteriormente éste genera en el mercado. Es importante resaltar que un material es viable cuando su valor es mayor al de otros materiales que representan la competencia.

Tabla 1 Requerimientos para diferentes métodos de fabricación de esponjas metálicas

Tipo de procedimiento	Nombre método	Requiere de...
Estado Sólido (Pulvimetalurgia)	Todos	Polvos metálicos de alta pureza, agentes espumantes, mezcladora, extrusora, compactadora, horno
Estado Gaseoso (Electrodeposición)	Todos	Materiales puros en fase vapor, cámara de vacío, preformas de poliuretano, horno.
Estado Líquido	Inyección de gas en el fundido	Partículas cerámicas, gases (aire, nitrógeno, argón), horno, sistema de inyección de gas, sistema de recolección
	Espumado directo en metal fundido	Partículas cerámicas, agente espumante en polvo (hidruro de titanio), hornos, sistemas de recolección
	Fundición de precisión	Preforma de esponja de poliuretano, cerámicos, horno de fundición, horno de tratamiento térmico, sistema de cera perdida.
	Infiltración de Preformas Solubles (IPS)	Aluminio, sal (NaCl), bomba de vacío, horno

Análisis de costos del proceso IPS (con el método Ashby)

A la hora de analizar el costo de producción de las esponjas de aluminio obtenidas por IPS, se deben tener en cuenta principalmente dos variables: el desempeño del material y los costos que se generan durante su proceso de producción. Para esto se crea un modelo del desempeño y un modelo de costos, los cuales luego se balancean en un modelo de valor, a partir del cual será posible establecer qué tan viable resulta la producción del material.

Costos

En primera instancia, se analiza todo lo relacionado con los costos de los procesos de fabricación de las esponjas metálicas. Todos los métodos que parten del metal en estado sólido, es decir, polvos metálicos, requieren procesos de pulvimetalurgia y de un agente espumante, el más común es el hidruro de titanio, además de diversos equipos y maquinaria (ver tabla 1). Los procesos que parten del metal matriz en estado gaseoso se realizan por electrodeposición y los metales utilizados deben tener un alto grado de pureza. Por otro lado, los procesos que hacen uso del metal (Aluminio) en estado líquido, requieren de agentes espumantes como el hidruro de titanio, gases para inyectar o el uso de preformas (generalmente de poliuretano), estas últimas son fabricadas por pocos países dentro de los cuales se encuentran Alemania, China y Brasil. Para el caso específico del método estudiado en este artículo (IPS), los principales materiales que se utilizan son aluminio, el cual puede ser reciclado (bajo condiciones de clasificación) y sal. A continuación, se presenta una tabla con precios aproximados de los materiales y equipos principales utilizados en cada tipo de proceso, a partir de la cual es posible establecer comparaciones y apreciar las diferencias económicas presentadas entre los diversos procesos de fabricación. Es importante tener en cuenta que los precios del material varían de manera proporcional a su calidad.

Desempeño

Por otro lado, se analiza el desempeño del producto. El método Ashby estudia todas las variables que influyen las posibilidades de comercialización que tiene. Las esponjas metálicas reúnen propiedades muy especiales, como las mencionadas antes, que les brinda oportunidades de potencial aplicación tanto a nivel estructural como funcional, con un valor agregado como lo son las bajas densidades de las esponjas, las cuales varían entre 0.4 y 1.0 g/cm³. En este sentido, es evidenciable un amplio rango de aplicaciones para las esponjas metálicas, entre las cuales se destacan:

Para la Industria automotriz: el aumento de la seguridad en los vehículos ha conllevado a un mayor peso de éstos en muchos casos. Tal condición entra en conflicto con el objetivo que se tiene de que el vehículo tenga un consumo mínimo de combustible. Las esponjas metálicas de aluminio disminuyen el peso del vehículo al mismo tiempo que le proporcionan una buena resistencia. Por otro lado, por su capacidad de absorción de energía, se predice una deformación controlada y programada en zonas de colisión de carros y trenes, con una máxima absorción de energía (la esponja metálica es un material con propiedades isotrópicas).

Adicionalmente, en la producción de autos, la absorción de sonido y el aislamiento térmico son factores muy importantes. En la industria aeroespacial, las esponjas metálicas como reemplazo de estructuras con forma de panel, enjambre o paneles en forma de sándwich, esto significa una reducción considerable de los costos. Por otro lado, en la construcción las esponjas de aluminio serían de gran utilidad en la reducción del consumo de energía, pues presentan a pesar de su baja densidad, gran resistencia y capacidad de absorción de energía térmica en intercambiadores de calor, filtros y soportes para catálisis. Adicionalmente, las esponjas de aluminio son aptas en otras aplicaciones especiales como son los adaptadores de impedancia en aplicaciones acústicas.

Tabla 2. Materias primas empleadas en los procesos de fabricación de esponjas metálicas.

Proceso	Material	Precio
Líquido	Aluminio (1 kilo)	\$ 4000
	Sal tratada (1 kilo)	\$ 800
	Sal sin tratar (50 kilos)	\$ 12.000
	Bomba de vacío (2 etapas)	\$ 3.000.000
	Horno mufla (Tmax 1200°C)	\$8.000.000
	Crisol (alúmina, grafito, acero)	\$ 120,000
	Preforma poliuretano	US\$220-290
	Cerámico (alúmina)	US\$ 350-425
	Injectora de cera	\$3.000.000
	Sistema de recolección	\$2.000.000
Sólido	Hidruro de titanio (TiH ₂)	US\$ 27
	Aluminio (polvo)	US\$ 601-10000
	Prensa uniaxial	15.000.000
	Prensa isostática en frío (CIP)	\$75.000.000
	Prensa isostática en caliente (HIP)	\$220.000.000
	Extrusora	80.000.000
	Alúmina (polvo) o carburo de silicio	€74-218
Deposición de vapor	CVD (sputtering)	N.D
	Cámara de vacío	N.D

Valor (costo vs. desempeño)

En primera instancia, es evidente la cantidad de propiedades y aplicaciones que las esponjas metálicas presentan a escala industrial. Por el lado de su desempeño, se puede afirmar que son productos de gran utilidad y eficiencia. A nivel de costos, se observa que hay gran variación en éstos de acuerdo al proceso utilizado para su fabricación. Con respecto al método del IPS, los costos de la materia prima utilizada no representan grandes costos, y al compararlo con los otros procesos de fabricación existentes, realmente muestra ser un proceso más sencillo, práctico y, sobre todo, económico, comparado con los demás que representan de algún modo competencia.

Conclusiones

A partir del análisis de resultados y de lo realizado se ha logrado evidenciar que las esponjas metálicas son productos con gran potencial en muchos campos a nivel industrial y comercial, son materiales multifuncionales que reúnen propiedades que otros materiales no presentan por sí solos. Además, se pueden obtener esponjas con diversas características, específicamente con tamaño y forma de poros controlables y uniformes, de manera sencilla y práctica.

Por otro lado, el método de fabricación de infiltración de preformas solubles (IPS) investigado ha demostrado ser un proceso realmente viable, ya que el balance entre los costos de producción y el desempeño del producto final establece que las esponjas fabricadas por este medio tienen un valor superior en comparación con las fabricadas por los otros medios. Esto resulta muy beneficioso para aquellos sectores industriales actuales que buscan optimizar sus procesos y mejorar la calidad de sus industrias mediante el uso de materiales nuevos, económicos y eficientes.

Referencias

1. Ashby M.F. et al., “Metal Foams: A Design Guide” Ed.Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.
2. Elicia Maine and Michael F. Ashby, Cost Estimation and the Viability of Metal Foams, Advanced Engineering Materials, Vol. 2 N°4, 2000, p. 205-209.
3. P. Fernández, L. J. Cruz; J. Coletto. Procesos de Fabricación de Metales Celulares: Parte I, Procesos Por Vía Líquida. Revista de Metalurgia de Madrid, Vol 44, No 6 (2008)

4. P. Fernández, L. J. Cruz; J. Coletto. Procesos de Fabricación de Metales Celulares: Parte II, Vía Sólida, Deposición De Metales, Otros Procesos. Revista de Metalurgia de Madrid, Vol 45, No 2 (2009)
5. J.A. Gutiérrez-Vázquez y J. Oñoro, Espumas de aluminio. Fabricación, propiedades y aplicaciones, Revista Metalúrgica, Vol 44, No 4 (2008)

Diseño de experimentos vía simulación: aplicación didáctica a un sistema de colas

Juan Esteban Cardona

juanesteban.cardona@alfa.upb.edu.co

Andrea Arenas

andrea.arenas@alfa.upbb.edu.co

Daniela González

daniela.gonzalezlo@alfa.upb.edu.co

Marisol Valencia Cárdenas

docente. Universidad Pontificia Bolivariana

marisol.valencia@upb.edu.co

Abstract

Success in an organization is associated with a correct satisfaction to clients, looking for reducing time, that's the reason to direct efforts to do optimization in waiting time queue processes. This work presents an experimental design done through simulation of a queue system, looking the minimization of waiting time people to be attended.

Keywords: Experimental Design, Simulation, Probability Distributions.

Resumen

El éxito de toda organización está asociado con una correcta satisfacción de la demanda de sus clientes en el menor tiempo posible, por ello se realizan esfuerzos orientados a la optimización de los tiempos de espera en procesos de colas. En este trabajo se hace un diseño de experimentos mediante una simulación de un proceso de colas, controlando factores como distribuciones de probabilidad y número de servidores, buscando disminuir el tiempo que las personas esperan para ser atendidos.

Palabras clave: Diseño de experimentos, simulación, distribuciones de probabilidad.

Introducción

Una ventaja de realizar diseño experimental vía simulación es que no se requieren unidades experimentales físicas, sino que se simula una situación y se controla sobre éstas, variando los factores que intervienen en el proceso, pero las unidades experimentales serán los escenarios que corresponden a una situación virtual [1]. Dichos estudios son muy comunes en la investigación estadística y de ingeniería [2], [3], ya que no es fácil en muchas situaciones tomar datos de procesos productivos o de servicios reales. A partir de esta simulación, se completa la matriz de datos completamente aleatorizada requerida para aplicar las técnicas de un diseño experimental.

Las herramientas estadísticas utilizadas para analizar los datos que resultan de un experimento son ampliamente conocidas y muchas de ellas se basan en el análisis de varianza [4].

Los análisis vía simulación habitualmente no generan un método inferencial adecuado directamente. Por ello, el ingeniero que maneja la herramienta del diseño experimental, puede controlar el proceso, recoger los datos y posteriormente, emplear las técnicas estadísticas para la optimización de niveles apropiados para la toma de decisiones en un tiempo mucho menor que el requerido en situaciones reales. Esta práctica surge como motivación para que los estudiantes investiguen temáticas de interés y apliquen conocimientos adquiridos en el curso Análisis y diseño de experimentos [5], en problemáticas especiales de la Ingeniería Industrial.

Metodología

Materiales y equipo: Simulador Arena (versión académica), esquema de sistema de colas, software R para análisis estadístico.

Figura 1. Recursos del experimento

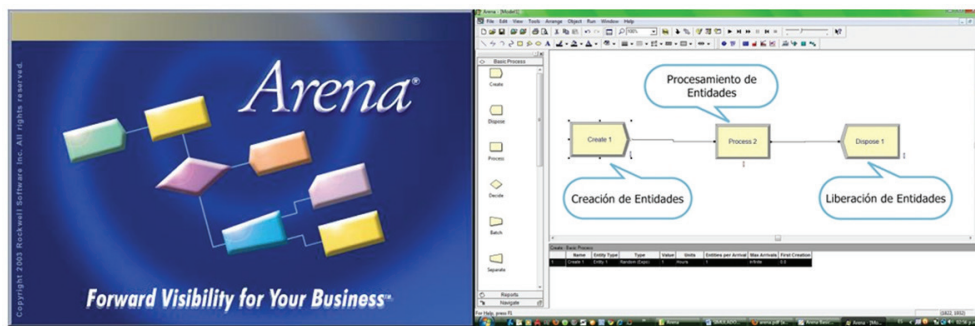
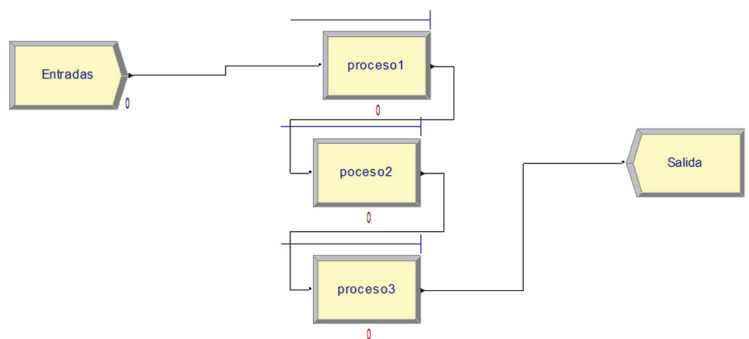


Figura 2. Variación en el número de servidores (procesos)



Diseño de experimentos

Adicional a la definición del proceso de colas simulado, el procedimiento de análisis del diseño experimental inicia con la elección de factores y niveles a controlar, la elección de la variable respuesta, recolección de datos vía simulación, y posteriormente el análisis de varianza, validación de los supuestos de residuales, y la identificación de los niveles óptimos usando la prueba de diferencia de medias de Tukey y los intervalos de confianza de los efectos.

En primera instancia se eligen los factores y niveles, así como la unidad de medición de la variable respuesta.

Elección del factor de interés, sus niveles y el o los factores de bloqueo

Factor de interés: Distribuciones

Niveles: distribuciones (Exponencial, Uniforme, Normal y Triangular)

Bloque: Número de servidores (procesos) en serie: 1, 2, 3, 4. (figura 2)

Elección de la variable respuesta.

La variable respuesta corresponde al tiempo de espera del cliente.

Unidad de medición: Minutos

Elección del diseño experimental.

Se utilizará un diseño con un factor y un bloque (DBCA)

Procedimiento experimental.

El procedimiento experimental se basa en la utilización del simulador ARENA, el cual brinda la facilidad de generar datos y tiempos de un proceso de la vida cotidiana. Ejemplos relacionados con este trabajo son: trámites de la DIAN, aduana, sacar un pasaporte; que arrojan tiempos de espera ya que forman colas en su proceso. El proceso consiste en fijar un tiempo medio de atención de 4 minutos, en un proceso en serie, controlando la cantidad de servidores, pero teniendo presente que la atención es de 4 minutos. Se pretende determinar cómo estos servidores y la distribución probabilística de la atención (exponencial, normal, uniforme y triangular), afectan el tiempo de espera en cola de los clientes en el sistema.

Distribuciones de probabilidad utilizadas

La distribución exponencial se utiliza para describir el tiempo entre eventos, más específicamente la variable aleatoria que representa al tiempo necesario para servir a la llegada.

La distribución uniforme describe una variable aleatoria que sólo puede tomar valores comprendidos entre dos extremos a y b , de manera que todos los intervalos de una misma longitud (dentro de (a, b)) tienen la misma probabilidad

La distribución normal $N(u, s^2)$ es un modelo matemático que rige muchos fenómenos. Esta distribución nos da la probabilidad de que al elegir un valor, éste tenga una medida contenida en unos intervalos definidos, lo que permitirá predecir de forma aproximada, el comportamiento futuro de un proceso, conociendo los datos del presente [4].

Distribución Triangular: Se presenta al estudiar tiempos entre averías, entre llegadas, entre accidentes, o en fabricación.

Resultados del experimento.

A continuación se muestra la matriz de diseño con los datos de tiempos de espera utilizados:

Tabla 1. Datos del diseño experimental

Distribuciones	Número de Procesos			
	4	3	2	1
Exponencial	271,31	123,91	46,61	33,05
Uniforme	256,82	73,64	39,8	18,21
Normal	247,32	84,26	38,05	7,28
Triangular	247,24	93,093	30,37	5,61

Análisis estadístico de los resultados.

El programa utilizado para la realización del análisis estadístico es el software R, de distribución libre.

A continuación (figura 2) se muestran los resultados para realizar análisis estadístico de los datos tomados.

Se acepta H_0 , por lo tanto se cumple que los errores del modelo se distribuyen normalmente

$$\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

Validación de supuestos de Incorrelación. Durbin Watson

lag Autocorrelation D-W Statistic p-value
1 -0.4503669 2.877981 0.296

Prueba de hipótesis

$H_0: \rho = 0$ Hay incorrelación

$H_1: \rho \neq 0$ No hay incorrelación, el modelo no es confiable.

$$V_p = 0.296 > 0.1$$

Se acepta H_0 , por lo tanto hay Incorrelación

Homogeneidad de varianzas. Bartlett

Bartlett test of homogeneity of variances

data: res by distribución

Bartlett's K-squared = 3.6043, df = 3, p-value = 0.3075

Prueba de hipótesis

$H_0: \sigma_{\text{expo}} = \sigma_{\text{normal}} = \sigma_{\text{triangular}} = \sigma_{\text{uniforme}}$

$H_1: \text{al menos un par } \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \text{ (diferente)}$

$$V_p = 0.3075 > 0.05$$

Se acepta H_0 , por lo tanto hay homogeneidad de varianza en los residuales.

Eficiencia Relativa de la inclusión de los bloques

$$Er = \frac{(ge+1)(ge2+3)MSE_{DCA}}{(ge+3)(ge2+1)MSE_{DBCA}}$$

$$MSE_{DCA} = \frac{gcMSC + (ga+ge)MSE_{DBCA}}{gc+ga+ge}$$

Donde:

$$ge = 9$$

$$ge2 = 12$$

$$gc = 3$$

$$ga = 3$$

$$MSE_{DCA} = 9416.6$$

$$MSC = 79$$

$$MSE_{DCA} = \frac{3(46767) + (3 + 9)79}{3 + 3 + 9}$$

$$MSE_{DCA} = 9416.6$$

$$Er = \frac{(9 + 1)(12 + 3)9416.6}{(9 + 3)(12 + 1)79}$$

Como la eficiencia es de $11461.29\% > 125\%$ se puede decir que ha sido muy efectivo el factor de bloque, es decir, el número de servidores utilizados para mejorar la explicación de variabilidad. Esto sugiere que en otro diseño futuro, éste puede ser efectivo como un factor de interés.

Pruebas de diferencias de medias usando el método de Tukey

Al realizar la prueba de comparación de medias por Tukey, se puede apreciar que las medias del tiempo de espera significativamente iguales al 95% de confianza son las generadas por las distribuciones normal-triangular, uniforme-triangular y uniforme-normal; siendo la de la exponencial la media diferente (figura 3).

De esta manera la media de la exponencial es la que más tiempo medio de espera genera respecto a las otras.

Figura 3. Prueba de Tukey para diferencia entre medias de los niveles del factor de interés, con un 95% de confianza

	diff	lwr	upr	p adj
Normal-Triangular	0.149025	-19.502767	19.80082	0.9999949
unif-Triangular	3.038250	-16.613542	22.69004	0.9610494
EXPO-Triangular	24.640425	4.988633	44.29222	0.0153739
unif-Normal	2.889225	-16.762567	22.54102	0.9661457
EXPO-Normal	24.491400	4.839608	44.14319	0.0159148
EXPO-unif	21.602175	1.950383	41.25397	0.0313978

Conclusiones

La importancia de simular un proceso se ve reflejado muchas veces en el ahorro de tiempo y costos para el análisis de un proceso. Ya que al simular con tiempos que se asemejan a la realidad de la empresa, se puedan dar buenas conclusiones sin necesidad de un operario que tome tiempos que genera pérdida de días de trabajo.

Con respecto a los tipos de distribuciones en la simulación, da a entender que los mejores tiempos del proceso, en los que hay menos tiempos de espera, se encuentran con la distribución triangular. Caso contrario con la distribución exponencial que da mayores colas y mayor tiempo de espera. Así que procesos regulados de esta forma, conducen a la disminución de los tiempos de espera, según este tipo de sistemas utilizado.

Se reafirma aún más con este procedimiento que la estandarización y métodos del trabajo en las empresas reduce tiempo y costos, ya que da un mayor nivel

de producción, aumentando así las utilidades de la empresa. Esto se ve reflejado en las variables con poca variación, como aquellas con distribuciones de probabilidad como la normal, triangular y uniforme.

Para realizar análisis experimentales de las actividades de una empresa es de gran ayuda, agilidad, usar un software para simular el proceso, que facilita la toma de decisiones de manera confiable.

Referencias

1. Law, A.; Kelton, W. Simulation Modeling and Analysis. Third edition. New York: Mc Graw Hill, 2000.
2. Robert, C. and Casella, G. Monte Carlo Statistical Methods. New York: Springer. 2004.
3. Baena A, Salazar J.C. Análisis y Diseño de Experimentos aplicados a estudios de simulación. Dyna, Año 76, Nro. 159, pp. 249-257. ISSN 0012-7353. Medellín, Septiembre de 2009.
4. Valencia, M. Notas de curso. Análisis y Diseño de experimentos. En <http://digicampus.upb.edu.co/moodle/>. 2011
5. Hunter W. G. Some Ideas about Teaching Design of Experiments, with 25 Examples of Experiments Conducted by Students. The American Statistician, Vol. 31, No. 1 pp. 12-17 (Feb., 1977).

Diseño de experimentos sobre el comportamiento de la absorbancia en el banano

Sandra Serna Botero

Universidad Pontificia Bolivariana
sandramilena.sernabo@alfa.upb.edu.co

Stephanía Casas Pinilla

Universidad Pontificia Bolivariana
stephania.casas@alfa.upb.edu.co

Rosa Gómez Cano

Universidad Pontificia Bolivariana
rosabeatriz.gomez@alfa.upb.edu.co

Marisol Valencia Cárdenas

Universidad Pontificia Bolivariana
marisol.valencia@upb.edu.co

Abstract

In ripening and aging in vegetables and fruits, like banana, object of this study, one of the more important natural processes is browning caused by tirosinasa enzima. Investigation of this effect is so much important to mature control, storing, transport and final quality of natural exportable products, with high worth. In this work this phenomenon is analyzed using experiments of enzymatic inhibition and applying techniques of experimental design.

Keywords: Design and analysis of experiments, absorbancia, quality of food products.

Resumen

En la madurez y envejecimiento de las especies vegetales y frutales, entre ellas el banano, fruto objeto de este estudio, uno de los procesos naturales más importantes es el pardeamiento causado por la enzima tirosinasa. La investigación acerca de este efecto es importante para el control de la maduración, almacenamiento, transporte y calidad final de los productos naturales exportables con un apreciable valor agregado. En este trabajo se analiza dicho fenómeno usando experimentos de inhibición enzimática, y aplicando las técnicas de un diseño experimental.

Palabras clave: Análisis y diseño de experimentos, Absorbancia, calidad de productos alimenticios.

Introducción

El pardeamiento enzimático en las frutas se atribuye a la actividad de la polifenol oxidasa, una cobre proteína que actúa en los compuestos fenólicos, causando su oxidación y polimerización. Es una reacción de oxidación en la que interviene como sustrato el oxígeno molecular, catalizada por un tipo de enzimas que se pueden encontrar en prácticamente todos los seres vivos, desde las bacterias al hombre, donde es la responsable de la formación de pigmentos del pelo y de la piel.

En el caso del análisis que se llevará a cabo, cabe anotar que los bananos son susceptibles de daño mecánico durante la cosecha, transporte, almacenamiento y procesamiento, lo cual causa estrés que afecta el metabolismo fenólico, es decir, las enzimas son activadas al momento de la cosecha por lo que durante la maduración se producen cambios en la actividad enzimática que alteran las estructuras subcelulares.

Con el fin de controlar el pardeamiento enzimático del banano, se ha desarrollado una secuencia de experimentos de inhibición enzimática basada en el sistema enzima-sustrato-inhibidor (tirosinasa-catecol-inhibidor), luego se realizan los cálculos respectivos que la literatura propone, usando las ecuaciones de Michaelis-Menten, Lineweaver Burk y Eadie Hofstee.

De aquí en adelante se realiza un completo análisis estadístico del experimento planteado y como herramienta de análisis se utiliza el software R, en cual se ingresan los datos y se empieza con el análisis.

Metodología

Definición del problema.

El problema consiste en observar la incidencia al inyectar un inhibidor a varias sustancias, para establecer cómo empieza a disminuir la velocidad de crecimiento de la tirosinasa en las frutas, evitando el pardeamiento de éstas, en este caso el banano.

Los datos medidos son las absorbancias de las diferentes soluciones en tiempos recomendados por la literatura, con el fin de determinar la concentración de éstas y así mirar el comportamiento de la enzima.

Elección del factor de interés, sus niveles y el factor de bloqueo

El factor de interés = Sustancia, usando 5 en total.

Estas sustancias contienen cada una Catecol, tirosinasa, inhibidor (EDTA), buffer pH=6, cada una con respectivos volúmenes.

El factor de bloqueo = Tiempo, usando 5 niveles medidos en segundos, así:

1. 15
2. 30
3. 45
4. 60
5. 75

Los tiempos también son designados en la literatura, donde se dice que cada 15 segundos hay una reacción en las sustancias.

Elección de la variable respuesta

La variable respuesta **Y**: Absorbancia

Elección del diseño experimental

Se utilizará un diseño con bloques completamente aleatorizado (DBCA), es decir, un factor y un bloque

Procedimiento experimental

Para la determinación de la concentración del banano se utilizó una fruta de procedencia doméstica, la cual no contaba con ningún tipo de cuidado que evitara que hiciera su proceso natural de oxidación. Para comenzar el proceso se preparó la solución de sustrato utilizando Catecol, en una solución de buffer pH = 6.0, tal que se pesaron 0.3368g de sustrato, para preparar la solución de concentración 0.032 M. A partir de esta solución se prepararon dos series de soluciones de Catecol diluyendo 6 volúmenes entre 0.5 y 3 ml, tal que se completaron a 4 ml con la solución buffer. La preparación del extracto enzimático se realizó triturando aproximadamente 26 gramos de banano ayudado con sílica gel, en un mortero con 60 ml de solución buffer de fosfato de concentración El blanco de reactivos se preparó con solución buffer de fosfato pH=6.0, se colocó en una cubeta de acrílico usada y se ubicó en el haz de referencia del espectrofotómetro (medidor de absorbancia). Para continuar con las lecturas en el espectrofotómetro, se adicionaron 30ml del extracto enzimático a los tubos de ensayo que contienen la solución de Catecol y buffer pH=6.0, tomando la precaución de activar el cronómetro para obtener datos de absorbancia vs tiempo, para cada una de las soluciones de extracto preparadas. (Este proceso se realizó en un lapso de 15 segundos). Se empleará entonces EDTA como inhibidor en este caso, el cual es adicionado antes de medir la absorbancia en el espectrofotómetro.

Figura 1. Procedimiento en laboratorio de química UPB.



Resultados

Los siguientes son los datos del diseño experimental realizado.

Tabla 1. Datos de absorbancia tomados

Factor: sustancia	Bloque: tiempo				
	15	30	45	60	75
1	0,028	0,03	0,032	0,034	0,036
2	0,018	0,021	0,024	0,026	0,029
3	0,004	0,002	0,009	0,015	0,022
4	0,014	0,007	0,001	0,009	0,017
5	0,014	0,008	0,001	0,004	0,01

Sobre estos datos se realizó la transformación de logaritmo natural, ya que el supuesto de incorrelación en los residuales no se cumplía.

Tabla de Análisis de Varianza

En el análisis de varianza se aprecia la significancia estadística del factor Sustancia, con un nivel del 5%, indicando que produce cambios importantes sobre la absorbancia.

Tabla 2. Análisis de Varianza para el Diseño experimental de Absorbancia

Tabla de analisis de varianza					
Fuentes de variación	grados de libertad	suma de cuadros	cuadrados medios	F value	vp
Sustancia	4	12,8388	3,2097	5,7121	0,0042723
Tiempo	4	4,4914	1,1229	1,9983	0,1433
Error	16	8,9907	0,5629		

Eficiencia de la inclusión del bloque.

$$er = (ge + 1) (ge2 + 3) \text{ MSEDCA} / ((ge + 3)(ge2 + 1) \text{ MSED BCA})$$

$$er = (16 + 1) (20 + 3) \text{ MSEDCA} / (16 + 3)(20 + 1) (0.5629)$$

$$\text{MSEDCA} = (4) (1.1229) + (4+16) 0.5629 / 4+4+16$$

$$\text{MSEDCA} = 0.65$$

Entonces la eficiencia es:

$$er = 113.15\%$$

Recordando:

Si $Er = 100$, no ha aportado el bloque.

Si $Er < 100$ No ha sido útil incorporarlo.

Si $Er > 100$ Ha sido útil.

Entonces como la eficiencia dio mayor al 100%, se dice que ha sido útil el factor de bloqueo incorporado.

También con el análisis de varianza se observa que el cuadrado medio del factor de bloqueo, es decir, el MSC (tiempo) es mayor al cuadrado medio del error (MSE), lo que se concluye que es eficiente incorporarlo al modelo.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk

H_o : Los errores tienen una distribución normal

H_1 : Los errores no tienen una distribución normal

$$W = 0.9496, p\text{-value} = 0.2456$$

Como $Vp > 0,05$, se acepta H_o , lo que indica que se presenta una distribución normal.

Shapiro-Wilk normality test por nivel

$W = 0.9495$, p-value = 0.7334

$W = 0.8867$, p-value = 0.3408

$W = 0.8566$, p-value = 0.2162

$W = 0.7801$, p-value = 0.05519

$W = 0.9552$, p-value = 0.7743

Los V_p de todos de niveles de las sustancias son mayores a 0,05; por lo tanto los residuales tienen normalidad.

Prueba de varianza constante de Bartlett's

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \dots \sigma_a^2$; hay homogeneidad en las varianzas de los residuales

$H_1 : \text{Al menos un par } \sigma_1^2 \neq \sigma_j^2$; no hay homogeneidad en las varianzas de los residuales.

P-value = 0.6197

Como $V_p > 0,05$, se acepta H_0 , lo que indica que hay homogeneidad en las varianzas de los residuales.

DurbinWatsonTest

P-value = 0.102

Como $V_p > 2^* 0,05$, se acepta H_0 , lo que indica que hay incorrelación en los residuales.

Los supuestos de los residuales se cumplen, lo cual sugiere que es posible confiar en las inferencias derivadas de este diseño experimental.

Prueba de Tukey

Los intervalos de confianza para cada diferencia de medias, para este procedimiento la diferencia de medias entre los niveles del factor de interés son:

Tabla 3. Intervalos de Confianza al 95% para las diferencias de medias.

Sustancias	Límite inf.	Límite sup.
4-5.	-1,121	1,69
3-5.	1,118	1,79
2-5.	0,013	2,92
1-5.	0,327	3,23
3-4.	1,36	1,54
2-4.	0,227	2,68
1-4.	0,0864	2,99
2-3.	-0,319	2,58
1-3.	-0,005	2,90
1-2.	-1,138	1,77

De acuerdo a la tabla, se concluye que:

Los pares absorbancia media iguales se dan para las sustancias: 4 y 5, 2 y 3, 1 y 3, 1 y 2.

Y las sustancias que generan mayor absorbancia media serán: 1 al compararla con la 4 y la 5, 2 al compararla con la 4 y la 5, 3 al compararla con la 4 y la 5. Por lo tanto, puede decirse que las medias de absorbancia alta están generadas por las sustancias 1, 2, 3 y las de absorbancia baja se generarían por la 4 y 5.

Efectos del diseño

Sustancia	Efectos	Lim inf	Lim Sup	Tipo
1	1,137683	0,501457	1,77391	Positivo
2	0,92146	0,285234	1,55769	Positivo
3	0,645206	0,00898	1,28143	Positivo
4	0,387377	-0,24885	1,0236	Nulo
5	-0,14325	-0,77948	0,49298	Nulo

Complementando el análisis anterior, se ve que las sustancias 1, 2 y 3 aportan positivamente al aumento de la absorbancia, siendo mayores los efectos en la 1 y 2.

Potencia del diseño

La potencia tiene como fin estimar la capacidad de acertar del diseño, de acuerdo a: las medias, nivel de significancia y el MSE.

Sustancia	Medias log(abs)	Medias reales de absorbancia
1	-3,445952	0,03187
2	-3,760087	0,02328
3	-4,892604	0,0075
4	-4,984674	0,00684
5	-5,22628	0,00537

La potencia es de 99,84% y nos indica que en este porcentaje nuestro diseño tiene la capacidad de acertar, lo cual es muy bueno para el experimento y sus conclusiones.

Conclusiones

Fue altamente confiable realizar este diseño, el bloque fue útil incorporarlo al modelo y se encontraron niveles óptimos de absorbancia. Por último se demostró las sustancias 1, 2 y 3 mostraron adecuados resultados, las otras sustancias no mostraron adecuados resultados en el experimento.

Todo esto permite decir que para que la enzima se disminuya o sea más lenta su velocidad en el pardeamiento de las frutas, disminuyendo el daño en la maduración, y mejorando condiciones de almacenamiento, transporte y calidad final de los productos naturales exportables, se le pueden inyectar las sustancias 1, 2 principalmente, o la 3, logrando así que se disminuya la cantidad de sustrato y por ende la velocidad de consumo de pardeamiento de la fruta, y puedan tener larga duración.

Referencias

1. Baena A, Salazar J.C. (2009). Análisis y Diseño de Experimentos aplicados a estudios de simulación. Dyna, Año 76, Nro. 159, pp. 249-257. ISSN 0012-7353. Medellín, Septiembre.

2. Calvo M. Bioquímica de los alimentos. Tirosinasa.. [En línea] < Disponible: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/enzimas/tirosinasa.html>> [Consulta: septiembre 17, 2008]
3. Erhan Astarci. (2003). Production and Biochemical Characterization of Polyphenol Oxidase from *Thermomyces Lanuginosus*.
4. Fenoll, Lorena G. et al. (2002) . Michaelis constants of mushroom tyrosinase with respect to oxygen in the presence of monophenols and diphenols. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*. 34 332–336
5. Izquierdo, José Felipe; Cunill, Fidel y otros. Cinética de las reacciones químicas. Edicions de la Universitat de Barcelona. Barcelona. 2004. Pág 269
6. Lee, M. (2007). Inhibitory efecto of banana polyphenol oxidase during ripening of banana by onion extract and Maillard reaction products. En *Food Chemistry*. Vol 102, p. 146-149.
7. Marshall, Maurice; Kim, Jeongmok y Cheng, Wei. (2000). Enzymatic Browning in fruits, vegetables and Seafoods. FAO.
8. Valencia, M. Notas de curso. (2011). Análisis y Diseño de experimentos. En <http://digi-campus.upb.edu.co/moodle/>.

Estudio de pertinencia de la creación de una maestría en logística desde las oportunidades potenciales o existentes de desempeño y tendencias del ejercicio profesional

Yorly Caterine Maldonado Sánchez

Universidad Pontificia Bolivariana
caterine28@hotmail.com

Diana Rocío Roldán Medina

Universidad Pontificia Bolivariana
diana.rolدان@upb.edu.co

Abstract

In this paper, we describe the formatting guidelines for *Investigation*. Authors are fully responsible for the quality of their articles and are kindly requested to review the following instructions for their elaboration of papers. Formatting guidelines are specified this way for the first time.

Resumen

En este documento se describen las normas para el envío de trabajos para el II Encuentro en Investigación Formativa. Los autores son completamente responsables de la calidad de sus artículos y se les solicita por favor revisar las siguientes instrucciones para la elaboración de sus trabajos.

Palabras clave: Artículo, Formato, Simposio.

Introducción

El escenario actual de las empresas en el mundo puede considerarse en constante evolución y en continua búsqueda de la optimización en términos de costos y efectividad mediante la aplicación de nuevas y mejores estrategias de planificación dirigidas a todas y cada una de las actividades, tanto internas como externas de la organización, que puedan generar soluciones integrales.

En el presente entorno globalizado y altamente competitivo, donde las empresas se ven enfrentadas a retos como el de decidir cuál es la mejor forma de almacenar, inventariar y mover sus productos y servicios, de manera que estén a disposición de los clientes en el momento, lugar, cantidad y forma adecuada, la logística permite alcanzar en gran medida estos desafíos a través de la gestión óptima del flujo de recursos y la coordinación estratégica de cada una de las operaciones relacionadas con la adquisición, flujo, almacenamiento y distribución eficiente.

De acuerdo con Ballou (2004), la logística tiene su origen en el ámbito de la ingeniería militar que se ocupa de la organización del movimiento de las tropas en campaña, su alojamiento, transporte y avituallamiento.

La aplicación de la logística ha venido ganando especial atención y juega un papel importante como estrategia global a través de la optimización en el aprovechamiento de los recursos humanos, tecnológicos y de capital, con los que cuentan las empresas u organizaciones.

Ante el desarrollo alcanzado por la logística surge la iniciativa de realizar un estudio de pertinencia que permita potenciar habilidades de profundización y actualización de conocimientos acerca del tema de la logística, estar al tanto de cuáles son las exigencias y qué desean los profesionales de hoy interesados en mantenerse actualizados, comprometidos con el desarrollo del país, con actitud positiva frente a los grandes cambios y retos que la globalización y la apertura económica traen consigo, y favorecer la aplicación de nuevas técnicas que beneficien la relación universidad-empresa.

Un estudio de pertinencia es un primer paso para reconocer los temas de interés de los profesionales de hoy y la mayor información posible relacionada con las necesidades del mercado, de la empresa, y de la universidad, para *suplir las necesidades de los profesionales que desean estar más preparados para hacer frente a un futuro que implica cada vez más retos.*

Un estudio de pertinencia de la creación de una maestría en logística garantiza la calidad del programa, ya que está apoyado en resultados con sólidas bases teóricas, técnicas y analíticas que orientan al diseño e implementación de mejores sistemas logísticos, tanto directos como inversos, información que más adelante propiciará grandes aportes al aprendizaje, no solo para responder a las necesidades del campo laboral, más específicamente en el ámbito empresarial, sino también para ofrecer un óptimo desempeño que garantice el crecimiento de este sector con nuevos y mejores conocimientos logísticos, aspectos que incidirán notoriamente a la hora de elegir, por parte del estudiante o profesional, una institución para su formación.

Desarrollo de la investigación

Siguiendo la reglamentación y los lineamientos estipulados por el Ministerio de Educación para un registro calificado, teniendo como antecedentes la oferta académica en la formación avanzada en logística y haciendo uso de varias herramientas como lo es el análisis de ofertas laborales y la aplicación de encuestas, se logró desarrollar el estudio de pertinencia de la creación de una maestría en logística desde las oportunidades potenciales o existentes de desempeño y tendencias del ejercicio profesional.

Seguidamente con la información validada y organizada se realizó la interpretación de los resultados más significativos donde el propósito fundamental del estudio es obtener información sobre el desempeño logístico en las empresas de la región, la situación existente y las necesidades en el área de la logística y con base en estos resultados derivar y dar soporte a lineamientos de nuevas estrategias logísticas.

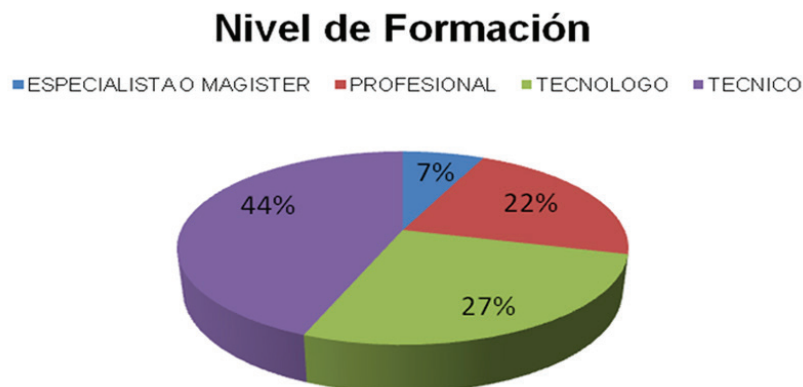
Tendencias laborales exigidas actualmente por las empresas de la región

En primera instancia se recurrió a las bolsas de empleo más conocidas y frecuentadas, entre ellas: computrabajo.com, elempleo.com, bolsa de empleo del Sena; bolsa de empleo de la UBP, entre otras, en las cuales se analizaron 100 ofertas laborales entre los meses de enero, febrero y marzo del presente año, dirigidas al campo logístico en el departamento con el fin de conocer las tendencias profesionales exigidas actualmente por las empresas de la región.

Al analizar los resultados arrojados por las ofertas laborales de las bolsas de empleo consideradas, se lograron establecer algunas cifras significativas de gran importancia para una posterior toma de decisiones, por ejemplo:

Según el nivel de formación

Gráfica 1. Nivel de formación

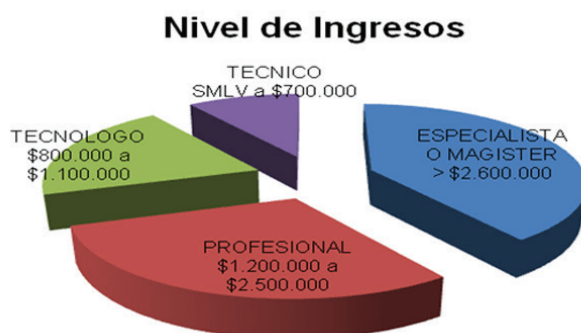


Fuente: elaboración propia

Al analizar las cien ofertas laborales relacionadas con procesos logísticos, se consiguió precisar que el 44% de las ofertas laborales se dirigen a técnicos en logística, 27% a tecnólogos en logística, el 22% a profesionales en Ingeniería Industrial, Producción, Administración de Empresas, Logística o afines, y el 7% a Profesionales preferiblemente con Especialización o Maestría en Logística.

Según el nivel de ingresos

Gráfica 2. Nivel de ingresos



Fuente: elaboración propia

En las ofertas laborales analizadas se encontró un rango de ingresos de acuerdo al nivel de formación, de la siguiente manera: para los técnicos su salario corresponde a 1 SMLV hasta \$700.000, para un tecnólogo se encuentra entre \$800.000 a \$1.100.000, para un profesional varía entre \$1.200.000 a \$2.500.000 y para un especialista o magister se encuentra por un valor superior a \$2.600.000.

Estos niveles de ingreso pueden variar, ya que están sujetos a la experiencia del empleado, igualmente al tipo de empresa y al cargo a desempeñar.

Según la experiencia

Gráfica 3. Tiempo de experiencia



Fuente: elaboración propia

Se encontró según el tiempo de experiencia, que para un nivel de formación técnico el tiempo de experiencia no es indispensable para desempeñar el cargo; para un nivel tecnológico es indispensable un período de experiencia menor a un año; para un nivel de formación profesional el período de experiencia puede variar entre 6 meses y 2 años, en algunos casos y según el cargo no es indispensable gozar de experiencia pero esto se resume para contadas ofertas laborales; en el caso de un nivel de formación especialista o magister donde el nivel de formación es mucho más amplio se debe contar con una experiencia en el campo logístico, mayor a 2 años.

Preferencias del sector empresarial frente a los profesionales en el área de logística

En segunda instancia se aplicó una encuesta sobre logística dirigida a empresarios (anexo 1), que tienen como labor dirigir empresas ubicadas en el Área Metropolitana.

Esta encuesta fue aplicada bajo la metodología de investigación exploratoria cualitativa, pues como su nombre lo indica se desea indagar y estar al tanto de cuáles son las necesidades, exigencias y requerimientos de los Empresarios frente a los profesionales encargados de operar y estar al frente de cada una de las operaciones logísticas de sus organizaciones.

Se realizó una investigación exploratoria cualitativa ya que permite aumentar el grado de familiaridad, en este caso con el tema de logística, obtener mayor información con la posibilidad de llevar a cabo posteriores investigaciones más completas u otro tipo de investigaciones en esta área; de igual manera permite identificar conceptos y percepciones asumidas por parte de los empresarios, significativas para este estudio, establecer prioridades o proponer fundamentos para la creación de una maestría en logística.

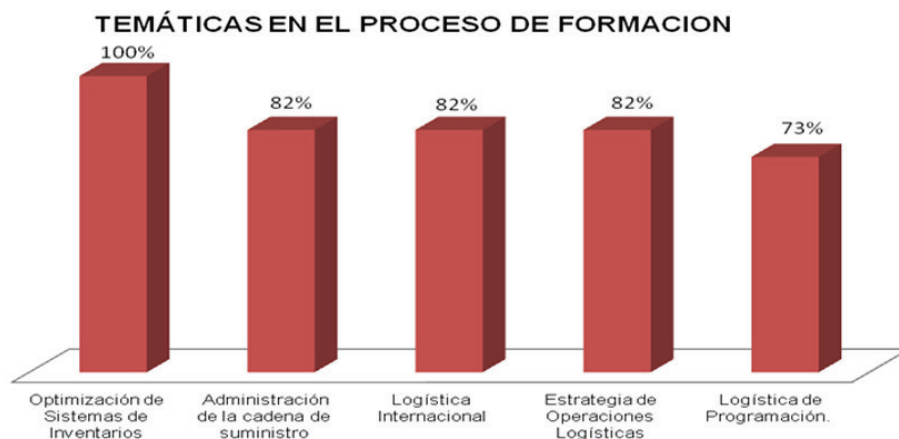
Esta encuesta se envió vía email a cada uno de los correos de los empresarios que hacen parte de la base de datos de las empresas con las cuales la Universidad Pontificia Bolivariana mantiene convenios ya sea a través de la práctica o de transferencia. Esta base de datos consta de 52 empresas, donde 22 empresas participaron voluntariamente diligenciando la encuesta y se nombran a continuación:

Interplast S A, Industria Colombiana de café S A. Colcafe, Comercializadora de Hielos Iglú S A, Transformadores Rymel S A S, Industrias Ceno SA, Termijeans Ltda, Grupo Familia Sancela S A, Tostaditos Susanita SA, Colanta (Cooperativa lechera de Antioquia), Industrias Haceb S A, Aceros Ferrasa S A S, Sumicol. Suministros de Colombia S A – Corona, Industria de Alimentos Zenu S A S, Grupo Nutresa S A, Cueros Vélez S A, Compañía de Galletas Noel S A, Carnes Casablanca S A, Celsa S A, Lamiempaques S A, Invesa S A, Estrada Velásquez y Cía. Ltda, Industria de Cobre y Aluminio - Incoal S A.

Al considerar los resultados obtenidos por medio de las encuestas de logística dirigidas a los Empresarios se pudieron establecer ciertos criterios frente a las necesidades y exigencias de los Empresarios respecto a los profesionales en el área de logística, y más aun en el contexto e impacto de la logística en el ámbito empresarial.

Según las temáticas consideradas importantes en el proceso de formación

Gráfica 4. Temáticas en el proceso de formación

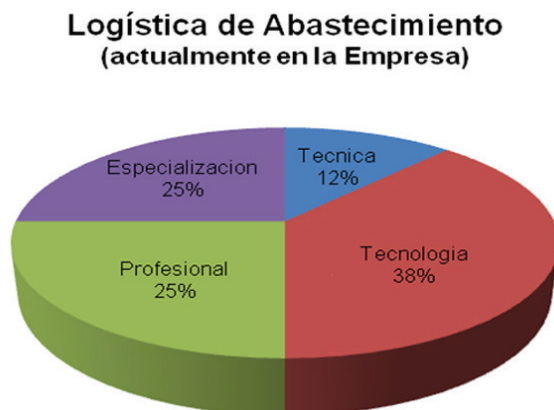


Fuente: elaboración propia

Al analizar los resultados frente a las temáticas que los empresarios consideran importantes de ser abordadas en el proceso de formación de una maestría en logística, se observó que de los 22 empresarios encuestados el total de ellos eligió optimización de sistemas de inventarios, valor que representa el 100% del total de las encuestas; conjuntamente administración de la cadena de suministro, logística internacional y estrategia de operaciones logística fue elegida por 18 de ellos, que representan el 82% de las encuestas y logística de programación por 16 de los 22 empresarios encuestados, valor que corresponde al 73% de las encuestas. Estas 5 temáticas fueron las de mayor acogida frente a las demás temáticas igualmente ofrecidas.

Según el nivel de formación existente en la empresa en la actividad de logística de abastecimiento frente a la importancia y la necesidad de un mayor nivel de formación en esta misma actividad, se tiene:

Gráfica 5. Logística de abastecimiento – actualmente en la empresa



Fuente: elaboración propia

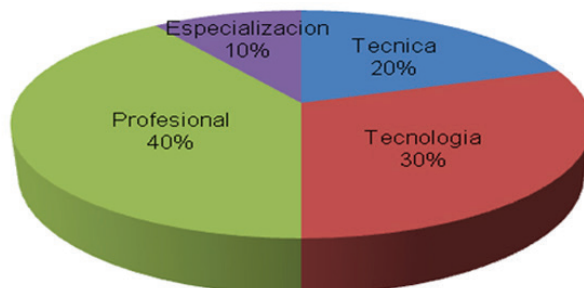
Gráfica 6. Logística de abastecimiento – necesidad de un mayor nivel de formación



Fuente: elaboración propia

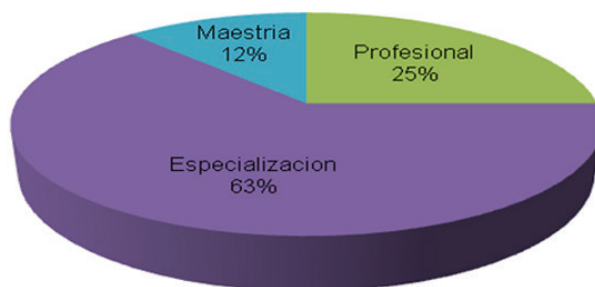
Según los resultados arrojados en la actividad de logística de abastecimiento, se logra obtener la siguiente información: en las empresas, esta actividad se encuentra a cargo de un 25% de profesionales y un 25% de especialistas; sin embargo, los empresarios consideran necesario que el personal que se desempeña en esta actividad adquiera un mayor nivel de formación, en este caso, de un 25% más de profesionales, un 15% más de especialistas y un 10% de magísteres.

Gráfica 7. Logística de Distribución – actualmente en la empresa

**Logística de Distribucion
(actualmente en la Empresa)**

Fuente: elaboración propia

Gráfica 8. Logística de Distribución – necesidad de un mayor nivel de formación

**Logística de Distribucion
(necesidad de un mayor nivel de formacion)**

Fuente: elaboración propia

En la actividad de logística de distribución podemos observar que esta actividad es desempeñada por un 40% de profesionales y tan solo un 10% de especialistas, mientras que los empresarios consideran importante que esta actividad sea dirigida por un 15% menos de profesionales, sin embargo por un 53% más de especialistas y un personal que represente el 12% con estudios de maestría.

Gráfica 9. Dirección de operaciones - actualmente en la empresa



Fuente: elaboración propia

Gráfica 10. Dirección de operaciones - necesidad de un mayor nivel de formación



Fuente: elaboración propia

En la actividad logística relacionada con la dirección de operaciones se logra distinguir que esta actividad es realizada por un personal con un nivel de formación del 38% con estudios profesionales y un 38% con especialización y un 6% de magíster, sin embargo, los empresarios exigen a un 20% más de especialistas y a un 22% más de magísteres en el direccionamiento de esta actividad.

Gráfica 11. Logística Internacional – Actualmente en la empresa



Fuente: elaboración propia

Gráfica 12. Logística Internacional – necesidad de un mayor nivel de formación



Fuente: elaboración propia

En la actividad de logística internacional podemos observar claramente que el direccionamiento de esta actividad se encuentra dividido entre un 70% por profesionales y un 30% por especialistas, sin embargo los empresarios reclaman que esta actividad sea dirigida por un 25% de magíster.

Gráfica 13. Logística Internacional – Actualmente en la empresa



Fuente: elaboración propia

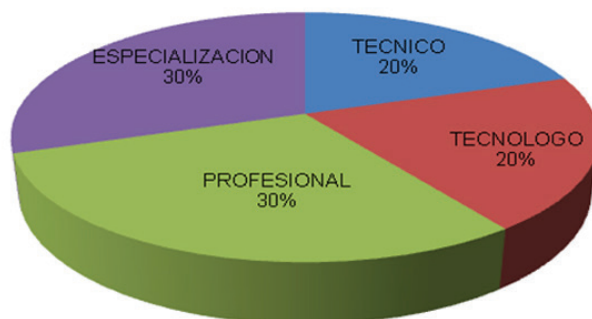
Gráfica 14. Logística Internacional – necesidad de un mayor nivel de formación



Fuente: elaboración propia

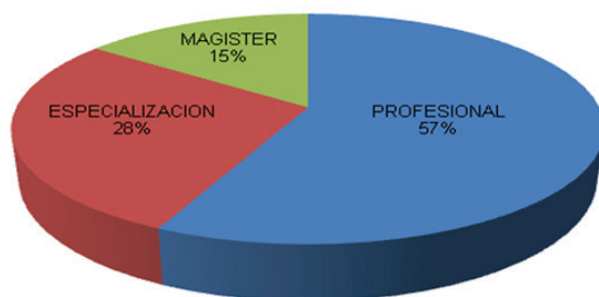
En la actividad de logística de producción se puede observar que el personal encargado de esta actividad cumple a grandes rasgos con los requerimientos que exaltan los empresarios en cuanto a niveles de formación, sin embargo, se hace necesario un 46% de personal con estudios especialistas y tan solo un 2% con estudios de maestría.

Gráfica 15. Logística de Producto en Proceso – actualmente en la empresa

**Logística de Producto en Proceso
(actualmente en la Empresa)**

Fuente: elaboración propia

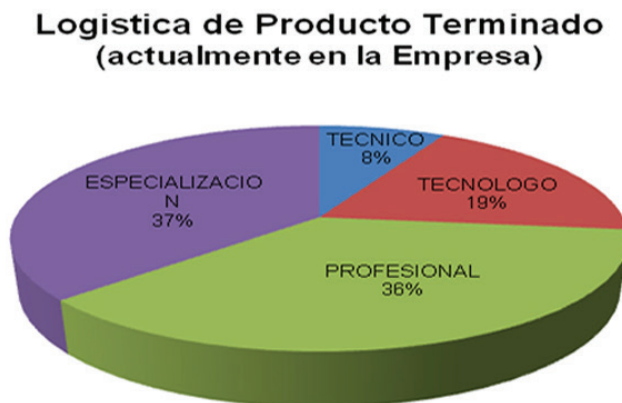
Gráfica 16. Logística de Producto en Proceso – necesidad de un mayor nivel de formación

**Logística de Producto en Proceso
(necesidad de un mayor nivel de formación)**

Fuente: elaboración propia

En la actividad logística de producto en proceso el personal encargado de esta actividad está representado tan solo por un 30% de profesionales y un 30% de especialistas, es por esto que los empresarios hacen necesario la importancia de una mayor nivel de formación en esta actividad con el fin de tener una representación del 57% de profesionales, un 28% de especialistas y un 15% de magíster ejerciendo esta actividad al interior de la organización.

Gráfica 17. Logística de Producto Terminado – actualmente en la empresa



Fuente: elaboración propia

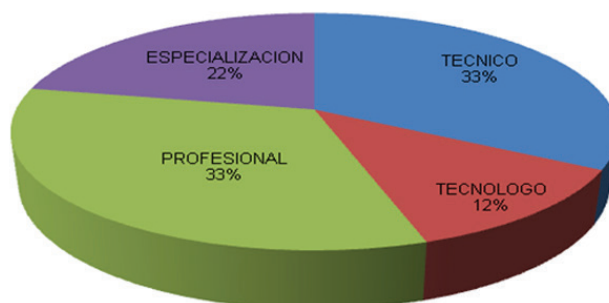
Gráfica 18. Logística de Producto Terminado – necesidad de un mayor nivel de formación



Fuente: elaboración propia

Frente a la actividad de logística de producto terminado, podemos observar (Gráfica 1), que esta actividad es realizada por un 36% de profesionales y un 37% de personal con especialización, sin embargo (Gráfica 2), los empresarios desearían que este personal responsable de esta actividad logística asumiera un nivel de formación más alto en este caso, un 7% más de profesionales, 6% más de especialistas y exigen un 14% de magíster en la dirección de esta actividad.

Gráfica 19. Logística de Almacenamiento – actualmente en la empresa

**Logística de Almacenamiento
(actualmente en la Empresa)**

Fuente: elaboración propia

Gráfica 20. Logística Almacenamiento – necesidad de un mayor nivel de formación

**Logística de Almacenamiento
(necesidad de un mayor nivel de formación)**

Fuente: elaboración propia

Frente a la actividad de logística de almacenamiento, podemos observar que al interior de las empresas esta actividad es dirigida tan solo por un 33% de profesionales y un 22% de especialistas (Gráfica 1), sin embargo podemos observar (Gráfica 2) que los Empresarios desearían a un 17% más de profesionales, a un 15% más especialistas y a un 13% más de magíster alrededor de esta actividad, al interior de las organizaciones.

Preferencias del público objetivo frente al área de logística

Finalmente se aplicó una segunda encuesta (anexo 2), dirigida principalmente a docentes de carreras universitarias, profesionales recién graduados y profesionales o funcionarios alrededor del área de logística bajo la modalidad de investigación exploratoria cualitativa a fin de estar al tanto de las necesidades, exigencias y requerimientos frente al desempeño del ejercicio profesional.

Mediante la aplicación de esta encuesta, se logra obtener los siguientes resultados.

Según la situación laboral

Gráfica 21. Situación Laboral



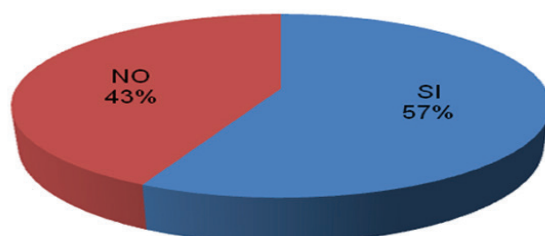
Fuente: elaboración propia

Al analizar la situación laboral del público objetivo de esta investigación, se logra distinguir que 21 de los 33 encuestados en total se encuentran actualmente laborando, representando así el 64% de los resultados, y 12 del total de los encuestados no lo hace, representando el 36% de los resultados.

Según la necesidad del cargo desempeñado se hace necesario o no un conocimiento específico en logística.

Gráfica 22. Conocimientos específicos en logística

CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS EN LOGÍSTICA



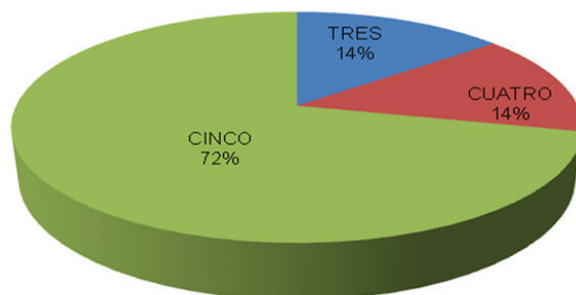
Fuente: elaboración propia

Del total de los encuestados que se encuentran laborando el 57% de ellos considera que para un cumplimiento eficiente y competente de los objetivos y funciones del cargo que desempeña se hace necesario un conocimiento específico en logística.

Según la valoración de la importancia de la logística en el desempeño laboral tenemos

Gráfica 23. Importancia de la logística en el desempeño laboral

IMPORTANCIA DE LA LOGÍSTICA EN EL DESEMPEÑO LABORAL

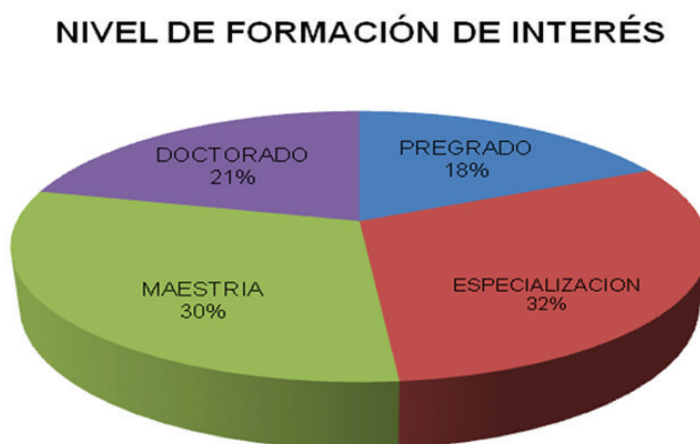


Fuente: elaboración propia

Al analizar los resultados obtenidos de la estimación de la importancia de la logística en el desempeño laboral en un nivel de 1 a 5, siendo 1 el de menor importancia y 5 el de mayor importancia, se encontró que el 72% de los encuestados considera en un nivel de cinco la importancia de la logística en su desempeño laboral.

Según el nivel de formación de interés

Gráfica 24. Nivel de formación de interés

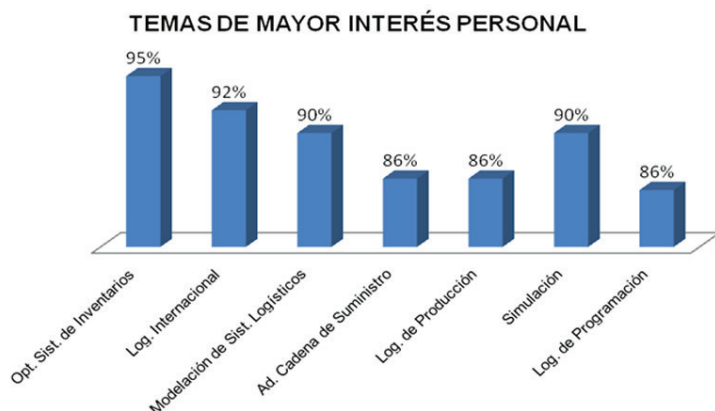


Fuente: elaboración propia

Al analizar los resultados frente al nivel de formación de interés se logró observar que el nivel de formación de pregrado presenta un 18% de interés para los encuestados, el de especialización un 32%, el de maestría un 30% y el de doctorado un 21%.

Según el tema de mayor interés personal para el desarrollo profesional, tenemos

Gráfica 25. Temas de mayor interés personal



Fuente: elaboración propia

Al analizar los resultados frente los temas de mayor interés personal para el desarrollo profesional, se observó que los profesionales, docentes y funcionarios del área logística prefieren en un 95% Optimización de Sistemas de inventarios, en un 92% se encuentra la Logística Internacional, en un 90% encontramos los temas de Modelación de sistemas logísticos y Simulación y en un 86% encontramos los temas de Administración de la cadena de suministro, Logística de producción y Logística de Programación.

Conclusiones

Al analizar las deducciones logradas a partir del análisis de las ofertas laborales y mediante la aplicación de las encuestas de logística dirigida tanto a empresarios como a profesionales recién graduados, docentes y funcionarios alrededor del área de logística, y realizando un empalme de la información obtenida a partir de las diferentes fuentes se logró distinguir varias consideraciones de gran relevancia y beneficio las cuales permiten una retroalimentación con las nuevas exigencias del mercado laboral.

Al considerar las ofertas laborales analizadas, se pudo distinguir que todavía las empresas no cuentan o no creen necesario contar con la totalidad del personal del área logística altamente especializado en los procesos logísticos de las empresas, ya que un aspecto significativo es la dinámica de la demanda de personas califica-

das a nivel técnico y tecnológico en el mercado laboral. Es claro considerar que las empresas cuentan con personas empíricas a las que aun les faltan herramientas para planear y coordinar racionalmente las actividades inherentes a la estrategia logística y por ende llevar a las organizaciones a ser más competitivas, contribuyendo al mejor posicionamiento del país en cuanto a desempeño logístico.

Se identificó que cargos como Jefe de Logística y Analista en Logística son algunos de los cargos más solicitados para los profesionales y en el caso de Profesionales Especialistas o Magíster están más dirigidos a cargos como Gerente de logística. Así mismo, queda claro que el campo de trabajo del profesional en el área de la logística es muy amplio pudiendo incursionar en áreas fundamentales como: Industrias manufactureras, empresas e instituciones de servicios, áreas de dirección y financieras, entre otras.

Se evidenció la gran necesidad de que los profesionales estén en capacidad de operar sistemas de aseguramiento de calidad en cualquiera de los componentes de las cadenas logísticas, construidos bajo la norma de ISO 9000 y buenas prácticas de manufactura (BPM). Así mismo, la importancia de incluir entre otros elementos el manejo de una segunda lengua, el uso y apropiación de innovadoras tecnologías de información y comunicación y la aplicación de las últimas tecnologías de cómputo.

Dentro de las organizaciones el personal con el nivel de formación más alto, es decir, el de Especialista y Magíster se encuentra en las áreas de Dirección de Operaciones, Logística Internacional y Logística de Producción, mientras que las actividades de logística de Distribución y Logística de Producto terminado están principalmente dirigidas por profesionales con pregrado.

Siendo las áreas al interior de las empresas como logística de operaciones y logística internacional, donde existe la mayor exigencia por parte los empresarios, de niveles de formación más altos en este caso de magísteres.

La temática considerada por los empresarios más importante para ser abordada en el proceso de formación es la de optimización de sistemas de inventarios, así mismo, los profesionales, docentes y funcionarios del área de logística lo consideran el tema de mayor interés personal para su desarrollo profesional, llevando a posicionar a la gestión de inventarios como el área de mayor inquietud y expectativa en su dirección por parte de los empresarios, y como el área donde los profesionales consideran substancial asumir claras nociones y un nivel superior de conocimientos.

Otras de las temáticas que presentan gran acogida tanto por parte de los empresarios como del público objetivo de esta investigación y que sería primordial

considerarlas en el proceso de formación, son las de Logística de Programación, Administración de la Cadena de Abastecimiento y Logística Internacional.

Es importante resaltar que en un nivel bastante alto de interés por parte de los profesionales, docentes y funcionarios del área de logística se encuentran los temas de simulación y modelación de sistemas logísticos, lo cual hace inminentemente necesario que el profesional conserve amplias nociones de cómputo y utilización de software de simulación con el propósito de modelar sistemas logísticos útiles en la toma de decisiones.

Así mismo, se concibe como elemental la formación en técnicas innovadoras de optimización, utilizando como herramienta primordial las últimas tecnologías de información y comunicación.

La logística de operaciones es también conocida como logística interna o de producción, donde la mayor parte de la formación académica revisada se enfoca en las funciones iniciales y final, dejando una brecha entre ellas; además, considerando que la logística internacional es un sector clave en el actual entorno económico mundial, se debe entonces tomar estas temáticas como estrategias en la creación de un programa logístico que se fundamente en temas dirigidos tanto al ámbito nacional como internacional como a la dirección de operaciones; lo cual supone a estos elementos imprescindibles para el posicionamiento de cualquier empresa en el panorama económico mundial.

Es importante que se elabore un programa logístico con el fin de formar profesionales capaces de dirigir interfaces entre los tantos sectores de la actividad logística y así mismo abordar y solucionar problemas producidos por la falta aun de previsión y desarrollo, situación actual de la Logística Colombiana.

La prioridad y una de las estrategias de las instituciones educativas debe ser la de crear un proyecto educativo en torno a nuevas y mejores competencias logísticas, con el fin de facilitar el desempeño flexible de una actividad en contextos nuevos y retadores, un proyecto educativo que acerque la fuerza laboral a las exigencias del mercado y donde la oferta educativa superior responda totalmente a las necesidades de la economía.

Un programa que suministre las herramientas teóricas y metodológicas que permitan a los participantes desempeñarse en organizaciones públicas o privadas de los diferentes sectores económicos.

Cabe resaltar que también se hace necesario líderes profesionales logísticos con capacidad investigadora, que puedan reconocer el desafío de la investigación como una fuente continua de soluciones a los problemas empresariales y sociales actuales del país.

Referencias

1. Algunas carreras de gran demanda en Colombia. En: El Tiempo. Bogotá. [on line]. Disponible en internet: <<http://www.mineduacion.gov.co>>
2. BALLOU, Ronald H. Business Logistics Management Cuarta edición. Upper Saddle River (Nueva Jersey, EE.UU.): Prentice-Hall International, Inc.. 1999.
3. BALLOU, Ronald H. y MENDOZA BARRAZA, Carlos. Logística y la Administración de la cadena de suministro. 5 ed. México: Pearson educación, 2004.
4. CARRANZA, Octavio. Logística, Mejores Prácticas en Latinoamérica. 2. Ed. México: Thomson, 2004.
5. D.M. Lambert, M. Cooper, J. D. Pagh, "Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities, The International Journal of Logistics Management. Vol.9, n° 2, pp 1-19, 1998
5. Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua
6. Escuela de Ingenierías. Pontificia universidad javeriana. Cali. [O line]. Disponible en internet: < <http://www.puj.edu.co>>
7. Especialización en Logística Comercial Nacional e Internacional. Universidad Jorge Tadeo. [Online]. Disponible en internet: <<http://www.utadeo.edu.co/programas/postgrados/especializaciones>>
8. Estadísticas Sectoriales. En: Ministerio de Educación. Bogotá [Online]. Disponible en internet: <<http://menweb.mineduacion.gov.co>>
9. GUERRA RODRÍGUEZ, Dióodoro. "El Instituto Politécnico Nacional frente a la transición de fin de siglo", en Revista de la Educación Superior, No. 104, octubre-diciembre, 1997, p. 163. ANUIES.
10. Logística Empresarial. Escuela de posgrados. Bogotá. Fundación Universitaria del área Andina. [Online]. Disponible en internet:<<http://www.areandina.edu.co>>.
11. Mercado laboral castiga salarialmente el pregrado y reconoce el posgrado. En: El observatorio de la universidad Colombiana. [Publicado, 4 de Dic. de 2008]. [Online]. Disponible en internet: <<http://www.universidad.edu.co>>
12. Política Nacional Logística. En: Asociación Colombiana de Logística. Bogotá. [Online]. Disponible en internet:<<http://www.acolog.org>
13. Recesión impulsa demanda de posgrados. En: El observatorio de universidad Colombiana. [Publicado, 6 de sept. de 2009]. [Online]. Disponible en internet: <<http://www.universidad.edu.co>>

Aplicación del Diseño experimental a una evaluación ergonómica en un ambiente estudiantil.

Application of Experimental Design to an ergonomic evaluation in student environment.

Fredy Gaviria Henao

jhonfredy.gaviria@alfa.upb.edu.co

Sara Tuttle Ospina

Sara.tuttle@alfa.upb.edu.co

Daniel Pazmiño

Daniel.pazmino@alfa.upb.edu.co

Manuela Lezcano

manuela.lezcano@alfa.upb.edu.co

Vanesa Sierra

vanesa.sierrazu@alfa.upb.edu.co

Juan Esteban Hurtado

juanesteban.hurtado@alfa.upb.edu.co

Marisol Valencia Cárdenas

Universidad Pontificia Bolivariana

marisol.valencia@upb.edu.co.

Abstract

Continuous improvement looking for welfare of humans has become a priority in organizational environment. Ergonomics looks for optimization between human and physical environment, maximizing welfare and performance of the person. In this work, ergonomic tests are adapted to evaluate incidence of factors like: gender, time of permanence, chair and table, that using statistical tools, look for statistical influence in a response variable associated to physical well-being.

Keywords: Ergonomics, physical well-being, Experimental Design.

Resumen

En la actualidad el mejoramiento continuo en busca del bienestar de los seres humanos se ha vuelto una prioridad en el ambiente empresarial. La ergonomía busca optimizar la relación del ser humano con los medios físicos, maximizando el bienestar de la persona pero también el rendimiento. En este trabajo se adaptan unas pruebas ergonómicas simples para evaluar factores como: género, tiempo de permanencia, silla y mesa, buscando mediante herramientas de análisis estadístico encontrar su influencia significativa en una variable respuesta relacionada con el bienestar de la persona.

Palabras Claves: Ergonomía, Bienestar corporal, Diseño experimental.

Introducción

La ergonomía en espacios de trabajo es un tema importante para proteger la salud del trabajador, buscando también garantizar una adecuada productividad, disminuyendo la ocurrencia de enfermedades ocupacionales, como los desórdenes de traumas acumulativos, trastornos que han ocupado alrededor de un 60% de las enfermedades ocupacionales en los Estados Unidos (Solomon, 2001).

La ergonomía propone metodologías para evaluar la adecuación de los espacios para los trabajadores, pero también, en el campo educativo, o en ambientes de

aprendizaje (Smith, 2007), cuya principal importancia se centra en el rendimiento académico de los estudiantes. El tema de aplicación ergonómica a ambientes estudiantiles ha recibido poca atención, pero se ha comprobado que dichos ambientes tienen alta incidencia psicológica en el aprendizaje (Smith, 2007). Apuntar a buenos ambientes de aprendizaje involucra entonces el estudio de mecanismos ergonómicos adecuados, para lo cual existen sistemas de evaluación.

Una manera de hacer mediciones sobre los espacios de trabajo con el fin de aprender a valorar la ergonomía de los productos fabricados, y probar nuevos prototipos son los test subjetivos (Vergara y Mondragón, 2005-2006), que por medio de valoraciones sobre el dolor o el confort de la persona, buscan alternativas para plantear un diseño de producto centrado en el usuario.

Específicamente en las pruebas subjetivas, el usuario indica las zonas del cuerpo donde aparece el dolor al permanecer cierto tiempo sentado en las sillas que se pretenden evaluar, con lo cual, al controlar el tipo de silla, el género y el tiempo de permanencia sentado, puede emplearse un diseño experimental (Coleman y Montgomery, 1993) para analizar los tipos de silla que son susceptibles de mejorar en aras de lograr un buen diseño ergonómico, metodología empleada en este trabajo.

Para el desarrollo de este trabajo, se realizó un conjunto de pruebas de dolor para estudiantes de la Universidad Pontificia Bolivariana, con el fin de mostrar una metodología práctica para la evaluación de los puestos de estudio utilizados y proponer alternativas en aquellos niveles que muestren problemas ergonómicos y proponer posibles soluciones a estos.

Metodología

Se realizó un estudio ergonómico en la Universidad Pontificia Bolivariana para dos tipos de sillas (Cafetería de ingenierías y Zona de estudio Boulevard), evaluando la proporción de dolor en diferentes puntos del cuerpo para quienes se encontraban sentados allí, considerando además el tiempo de permanencia en dichas sillas.

Factores

Tipo de silla: Cafetería de Ingenierías (a) y Zona de estudio boulevard (b)

Sexo: Masculino y Femenino

Minutos de permanecer sentados: hasta 30, 31-60, y 61-90 minutos

Procedimiento de cada prueba

Protocolo para la evaluación de dos tipos de mesas de estudio.

Seleccionar los estudiantes en el espacio físico elegido, con participación voluntaria y preguntando el tiempo que llevan sentados en minutos.

Se pide señalar en las casillas las zonas del cuerpo en las que sienta incomodidad, molestias o dolor, según la imagen del cuerpo que se muestra en el formato (figura 1). Las casillas superiores indican dolor o molestias fuertes. Las inferiores, incomodidad o molestias leves.

Figura 1. Formato con imagen corporal de la prueba realizada

Comience señalando las zonas con molestias más fuertes.

Dolor o molestias fuertes: [] [] [] []

1111111111

11111111

11 11 11 11

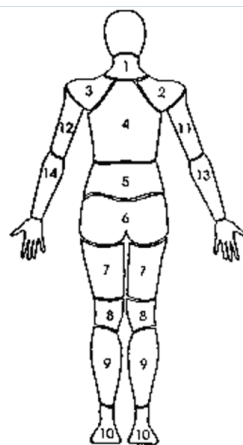
Molestias ligeras: ☐ ☐ ☐ ☐

Número total señalado: _____

Proporción del total: (N/14) _____

REFERENCIAS

1. Cuello/nuca.
2. Hombro derecho.
3. Hombro izquierdo.
4. Espalda. Parte alta-media.
5. Espalda. Zona lumbar.
6. Nalgas.
7. Muslos.
8. Corvas.
9. Piernas.
10. Pies.
11. Brazo derecho.
12. Brazo izquierdo.
13. Antebrazo derecho.
14. Antebrazo izquierdo.



Fuente: Vergara Y Mondragón (2005-2006)

Variable respuesta

En este trabajo se considerará la opción 3 del test, que lleva a la proporción de puntos corporales con dolor en los tiempos, y espacios elegidos, como la variable respuesta indicada para la aplicación del diseño experimental propuesto.

Elección del diseño experimental

Se estudió un diseño multifactorial para analizar el efecto de los factores y posibles interacciones de estos, sobre la variable respuesta elegida.

Población

La población participante de las pruebas la constituyen estudiantes entre 18 y 22 años de edad de las carreras de Ingenierías y Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, 50% hombres y 50% mujeres.

Resultados

Resultados del diseño factorial

Al estimar los componentes de varianza del diseño experimental, se encontró que una estructura que cumple con la significancia de los efectos fijos al 5% es la observada en la tabla 1.

Tabla 1. Tabla de Análisis de varianza

Fuente de variación	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tipo de silla	1	0,0562	0,0562	6,325	0,01563
Minutos de permanencia	2	0,2311	0,1155	12,997	3,67E-05
Residuals	44	0,3912	0,0089		

En la tabla 1 puede verse que el tipo de silla y el tiempo de permanencia son significativos ($vp=0.0156$, $3.67e-05$, con un n.s de 0.05); adicionalmente, en la tabla 2 puede verse que al estimar un modelo lineal, el efecto de dolor producido por la mesa tipo ‘b’ reduce el porcentaje de dolor, en comparación con la tipo ‘a’, así como a mayor tiempo sentados, mayor proporción de puntos con dolor, lo que se evidencia con el efecto 0.1696 del nivel 90 min.

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(> |t|)

(Intercept) 0.23065 0.0272 8.474 8.49e-11 ***

tipob -0.06845 0.0272 -2.515 0.01563 *

factor(min)60 0.09375 0.0333 2.812 0.00732 **

factor(min)90 0.16964 0.0333 5.089 7.18e-06 ***

Tabla 2. Tabla de efectos del modelo lineal

Validación de los supuestos

Gráfica de normalidad
y homogeneidad de varianzas

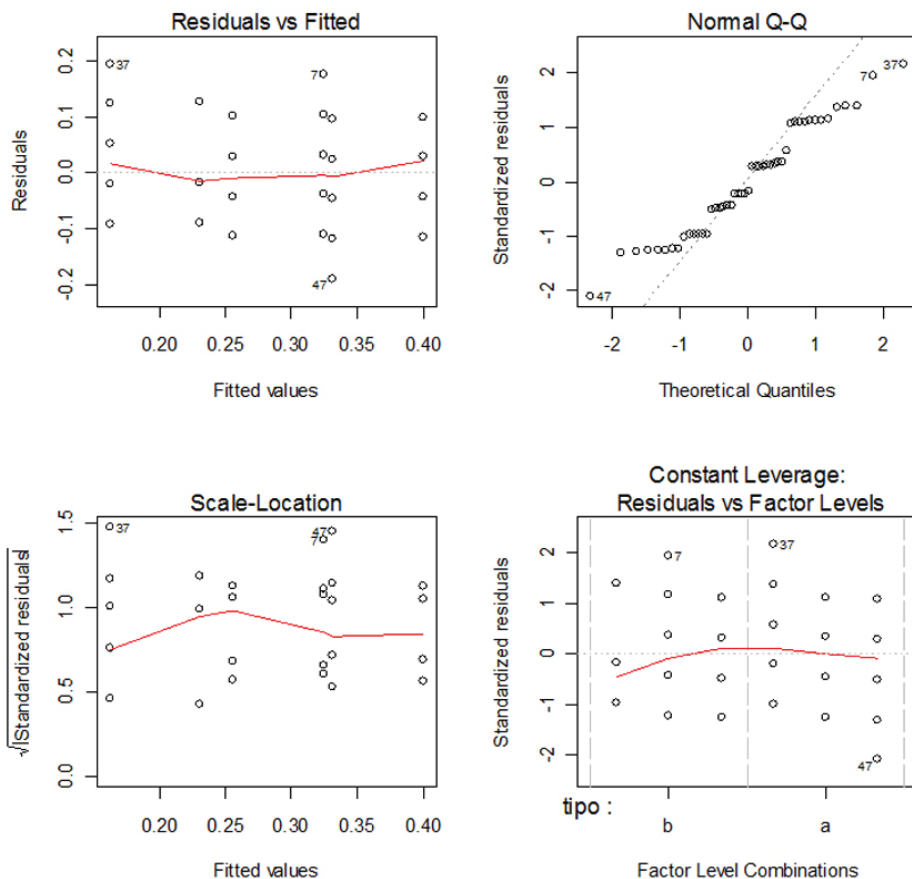


Figura 2 Gráficos de normalidad y homogeneidad de varianzas.

En figura 2 se ven problemas aparentes con la normalidad pero se ve una aparente homogeneidad de varianzas; para mayor seguridad se realizarán pruebas analíticas de validación de supuestos.

Tabla 3. Pruebas de validación de supuestos.

Prueba de Normalidad: Shapiro-Wilk normality test data: res W = 0.9571, p-value = 0.07683
Prueba de varianza constante: Bartlett test of homogeneity of variances data: res by min Bartlett's K-squared = 0.2403, df = 2, p-value = 0.8868
Incorrelación: durbinWatsonTest lag Autocorrelation D-W Statistic p-value 1 0.05640285 1.843569 0.35 Alternative hypothesis: rho != 0

Se puede observar en la tabla 3 que en la prueba de normalidad se obtuvo un valor p mayor al nivel de significancia utilizado (0.05), igualmente pasa esto para la prueba de homogeneidad de varianzas del factor minutos y el factor tipo, por lo cual se puede decir que el modelo cumple con los supuestos de normalidad de los errores y homogeneidad de varianzas.

Al obtener la prueba de Durbin Watson se observa que se obtuvo un valor p mayor a dos veces el nivel de significancia (0.1) por lo cual se puede concluir que se cumple con el supuesto de incorrelación de los errores.

Prueba de diferencia de medias (Prueba Tukey)

En la tabla 4 se muestran los resultados de la prueba de Tukey.

Tabla 4 – Prueba Tukey de diferencias de medias.

Tipo de silla				
Niveles comparados	diff	lwr	upr	p adj
a-b	0,06845238	0,01359784	0,1233069	0,0156327
Minutos de permanencia en la silla				
Niveles comparados	diff	lwr	upr	p adj
60-30	0,09375	0,01289591	0,1746041	0,0196464
90-30	0,16964286	0,08878877	0,2504969	0,0000211
90-60	0,07589286	-0,00496123	0,1567469	0,0697637

Al realizar la prueba de Tukey para la diferencia de medias en el factor tipo se observa que el intervalo conserva un efecto positivo por lo cual se puede decir que $\mu_a > \mu_b$ con un nivel confianza del 95%. Esto indica que la mesa tipo ‘a’ (zona cafetería) genera mayor proporción de puntos con dolor que la tipo ‘b’ (Boulevard). Para los diferentes niveles del factor minutos se puede observar que los niveles 60 y 30, 90 y 30 conservan un signo positivo en su intervalo por lo cual se puede decir con un nivel confianza del 95% que $\mu_{60} > \mu_{30}$ y $\mu_{90} > \mu_{30}$. Lo anterior indica que a mayor tiempo, el dolor corporal es mayor.

Discusión

Se logró demostrar con una herramienta estadística, que los factores con mayor incidencia sobre el porcentaje de puntos corporales con dolor, son el tipo de silla (cafetería de ingenierías y zona de estudio boulevard) y el tiempo de permanencia. Las conclusiones del estudio indican que permanecer mucho tiempo sentados en este tipo de espacios produce más dolor corporal, por ello pueden proponerse actividades tales como: pausas de relajación corporal, o actividades que generen un cambio en la postura y lleven al bienestar físico. Así mismo, la influencia encontrada del tipo de silla indica la necesidad de un mejoramiento de las estructuras de estudio en la zona de la cafetería de ingenierías evaluada con el test ergonómico.

El test podría también ser analizado en diferentes lapsos de tiempo para la misma persona, lo cual lleva al uso de otra técnica estadística más avanzada llamada

modelos lineales longitudinales (Laird y Ware, 1982), o con medidas repetidas, esto llevaría al análisis del efecto tiempo sobre el dolor corporal, así como el análisis de estructuras de covarianza en efectos aleatorios (Banerjee y Frees, 2009), que permitirían evaluar incluso efectos en cada uno de los individuos.

Referencias

1. Coleman y Montgomery. (1993). A Systematic Approach to Planning for a Designed Industrial Experiment. *Technometrics*, Feb. V. 35, No. 1.
2. Salazar, J.C. Baena, A. (2009). Análisis y Diseño de Experimentos aplicados a estudios de simulación. *Dyna*, Año 76, Nro. 159, pp. 249-257. Medellín, Septiembre. ISSN 0012-7353.
3. Smith, T.J. (2007). The ergonomics of learning: educational design and learning performance. *Ergonomics*. Vol. 50, No. 10, October, pp. 1530–1546
4. Solomon, J.M. (2001). Fulfilling the Bargain: How the Science of Ergonomics Can Inform the Laws of Workers' Compensation. *Columbia Law Review*, Vol. 101, No. 5 (Jun.), pp. 1140-1180.
5. Vergara M, Mondragón S (2005-2006). Ergonomía, Programa teórico y Cuaderno de Prácticas. [Acceso en Octubre de 2010. Disponible en: <http://www.emc.uji.es/asignatura/obtener.php?letra=5&codigo=13&fichero=1127203149513>.]
6. Laird N.M., Ware J., (1982). Random effects models for longitudinal data. *Biometrics*. Vol 38. pp. 963 - 974.
7. Banerjee M. y Frees E., (2009). Diagnostics for Linear Longitudinal Models. *Journal of the American Statistical Association*. Vol 92, No. 439. pp. 999-1005

Medición de Capital intelectual usando análisis de componentes principales: Aplicación Esc. Ingenierías UPB

Sara Tuttle Ospina

Universidad Pontificia Bolivariana
saratuttle12@hotmail.com

Fredy Gaviria Berrío

Universidad Pontificia Bolivariana
jhonf43@gmail.com

Indy Bibiana bedoya

Universidad Pontificia Bolivariana
bedoyita_1105@hotmail.com

Marisol Valencia Cárdenas

Universidad Pontificia Bolivariana
marisol.valencia@upb.edu.co

Jairo Estrada Muñoz

Universidad Pontificia Bolivariana
jairo.estrada@upb.edu.co,

Abstract

This paper presents the capital intellectual components measures, to the Engineering School of Pontificia Bolivariana University, in activities related to teaching, investigation and extension, using statistical techniques conducting to estimate indicators to valorize such intellectual capital.

Keywords: Intellectual capital, principal components, generalized linear models.

Resumen

Este artículo presenta la medición de los componentes del capital intelectual: capital humano, el capital estructural, y el capital relacional, para la escuela de ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana en las actividades de docencia, investigación y extensión, usando técnicas estadísticas que conducen a estimar indicadores para valorar el Capital intelectual.

Palabras clave: Capital intelectual, Componentes principales, Modelos lineales generalizados.

Introducción

Hace algunos años se viene desarrollando la valoración del capital intelectual en las organizaciones, pero las metodologías han evolucionado. Esta valoración ha llevado a una reevaluación de los modelos de gestión que se utilizan, cambiando las formas de generar innovación y renovación por medio de métodos que van desde los que registran los activos de la empresa, los que facilitan la gestión de los recursos (humano, infraestructura, maquinaria, financieros, etc.), hasta los usados para controlar indicadores de gestión como Balance Score Card. El Capital intelectual ha tomado una gran importancia a tal punto que se ha llegado a pensar que medidas no financieras, intangibles, como lo es dicho capital, proporcionan mayor valor a las empresas. (Steward, T.A. (1997), “La nueva riqueza de las organizaciones: EL capital intelectual”, Granica, Buenos Aires).

Respecto a las instituciones de educación superior (universidades), existe una constante competencia vista desde diferentes aspectos: docencia, tecnología, investigación, infraestructura, entre otros, lo cual hace que la insistencia en incrementar la calidad de la educación sea esencial; por ello, se han implementado diversos modelos con un objetivo: medir la calidad y establecer el estado en el que se encuentra la institución, lo que constituye una meta para este trabajo. Un propósito propuesto en este trabajo es realizar la medición de este capital por medio de indicadores con los cuales se pueda establecer un diagnóstico actual de la Escuela de Ingenierías de la UPB con respecto a estos activos, y también, medir competitividad para generar propuestas que ayuden a mantener y elevar el capital.

En este trabajo se dará a conocer la medición preliminar de los componentes con una metodología que consiste en la estimación de scores usando modelos lineales generalizados, posteriormente se usa la técnica de análisis de componentes principales para la estimación de indicadores y para el diagnóstico final, el análisis de varianza, usando información de los docentes de la Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana en las actividades de docencia, investigación y extensión o transferencia.

Capital intelectual

El concepto de capital intelectual viene desde el año 1969, cuando el economista John Kenneth Galbraith sugiere que el capital intelectual representa más que mero conocimiento o simplemente intelecto, que podría considerarse como una forma de creación de valor y como un activo en el sentido clásico del término. Posteriormente muchos tratadistas se han referido y han conceptualizado el capital intelectual desde diferentes enfoques: potencial intelectual, tecnología de punta, formación de personal, capacidad para dar respuesta eficiente a las necesidades de los clientes, competencias de las personas y de la empresa y otras más. Dentro de ese espectro conceptual el capital intelectual ha sido definido de diferentes maneras:

Es la suma y la sinergia de todos los conocimientos que reúne una compañía, toda la experiencia acumulada en sus integrantes, todo lo que ha conseguido en términos de relaciones, procesos, descubrimientos, innovaciones, presencia en el mercado e influencia en la comunidad. (Bueno, 1988)

Activos intangibles que no están capturados completamente en el balance e incluye tanto lo que está en la mente de los individuos como lo que dejan en la empresa cuando se van. (Roos & Roos, 1997)

Combinación de activos inmateriales que permiten funcionar a la empresa. (Brooking, 1997).

El capital intelectual es conocimiento, pero no cualquier tipo de conocimiento, tiene que ser útil para la empresa. (Stewart, 1997)

Conjunto de Activos Intangibles de una organización que, pese a no estar reflejados en los estados contables tradicionales, en la actualidad genera valor o tiene potencial de generarlo en el futuro. (Euroforum, 1998)

Posesión de conocimientos, experiencia aplicada, tecnología organizacional, relaciones con clientes y destrezas profesionales, que dan a una empresa una ventaja competitiva en el mercado. (Leif & Malone, 1999).

Conjunto de activos intangibles de una organización, que pese a no estar reflejados en los estados contables tradicionales, en la actualidad genera valor o tiene potencial de generarlo en el futuro. (Roos & et al, 2001)

Un sistema de capital intelectual pasa a formar parte del capital intelectual de la compañía y cuanto mejor lo utilice, más capital se creará. Crear dicho sistema, llega a ser una actividad semi-circular. Los conocimientos y la información incrementan los rendimientos, mejorando la valoración del capital intelectual (Figura 1).

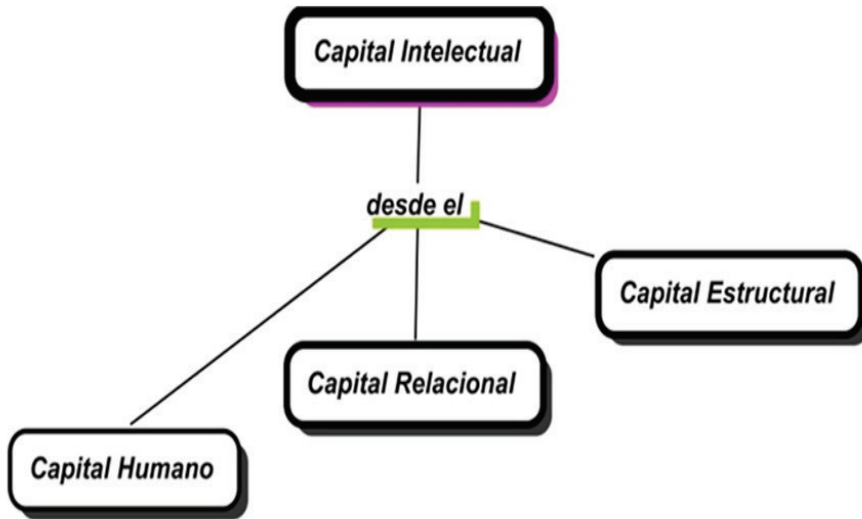
Figura 1: Flujo del Capital intelectual.



Se entiende entonces al capital intelectual como un activo intangible y representado por la integración entre capital humano, capital estructural y capital relacional.

La figura 2 indica la estructura básica del capital intelectual.

Figura 2: Estructura del capital intelectual.



Fuente: (López & Estrada, 2010)

El capital humano hace referencia a las capacidades, la satisfacción y la sostenibilidad de los empleados; el capital estructural, que tiene en cuenta la infraestructura valorada desde la capacidad para generar conocimiento; y el capital relacional, implica las relaciones de la empresa con los clientes, los proveedores, los accionistas, la comunidad, (Ramírez Ospina, 2007) es decir la empresa con el entorno.

Técnicas estadísticas

Para trabajar con dichas variables intangibles se han utilizado técnicas estadísticas para valorar el capital intelectual, tales como el análisis multivariante y de regresión lineal múltiple (Jardon & Martos, 2008) en donde la fuente de información es una encuesta. Son empleados también los modelos lineales generalizados, como el de regresión logística o regresión Poisson, y la técnica de Análisis de Componentes Principales ACP, del análisis multivariable, como se muestra en (Valencia & Salazar, 2010), pero que constituye la base estadística para desarrollar este trabajo ya que ofrece solidez a los resultados conseguidos.

La regresión logística es una técnica estadística que se utiliza para explicar el comportamiento probabilístico de algún fenómeno, así como el efecto de múltiples variables explicativas sobre una variable respuesta categórica, ya sea dicotómica o con más de dos categorías en escala ordinal.

Un estudio utilizando esta técnica se realizó en la industria mexicana de maquinados industriales, en donde se analizó la información con base en un análisis multivariado para identificar grupos de prácticas empresariales que expresaran diferentes recursos intangibles. Además, se estimó su influencia sobre el desempeño competitivo a través de regresiones logísticas que asociaron el cumplimiento de diversos objetivos innovadores a los recursos intangibles. (Estrada & Dutréint, 2007)

Por su parte el ACP es una técnica estadística de síntesis de la información; cuyo objetivo es explicar la estructura de la matriz de covarianza de un conjunto de variables por medio de unas pocas combinaciones lineales de las variables originales, llamadas componentes principales. Su propósito general es proporcionar una reducción en la dimensión de los datos y facilitar su interpretación.

Con frecuencia, un análisis de componentes principales revela relaciones de las que no se sospechaba previamente, y por tanto permite interpretaciones de los datos que no podrían ser derivadas directamente de las variables originales. (Castaño, 2009)

Metodología

A partir del conocimiento del número de docentes vinculados a la Escuela de Ingenierías, se diseñó una muestra representativa por facultad, con nivel de confianza del 95% y nivel de significancia del 5%, para recopilar el conjunto de variables previamente definido, acordes con la definición del capital intelectual a medir. Dichas variables fueron el insumo para realizar la estimación de los indicadores que den cuenta del capital buscado.

Se diseñó una encuesta con las variables a medir para ser aplicada en primera instancia en una muestra piloto y luego de sus ajustes, se aplicó en el total de la muestra.

Con base en las variables sistematizadas de la encuesta, se utilizaron los siguientes procedimientos estadísticos para su análisis:

Estimación de modelos lineales generalizados para encontrar los diferentes scores por tipo de capital (CE, CR, CH).

Seguido a esto, uso de Análisis de Componentes Principales (ACP), buscando indicadores a partir de asociaciones de covarianza entre los scores, reduciendo su dimensionalidad. Posteriormente, esto permite proponer un indicador de capital intelectual a partir de sus 3 elementos: CE, CR, CH.

Así mismo, el análisis del factor es otra alternativa para proponer dichos indicadores.

Posteriormente, mediante un modelo lineal, como es el análisis de varianza, se exploraron los efectos o impactos estadísticamente significativos que relacionen las facultades y otras variables con dichos indicadores hallados.

Resultados

En esta sección se muestra, como ejemplo metodológico, el análisis de dos tasas de respuesta usando el modelo Poisson estimado con el software R. Seguido a esto, se presentan los resultados preliminares de la estimación de indicadores de capital intelectual agrupando todos sus componentes, usando el programa Stat graphics.

Estimación de Scores

El modelo lineal generalizado Poisson fue empleado para estimar scores de diferentes variables respuesta asociadas con las sub-áreas combinadas entre los componentes de Capital intelectual y las áreas docencia, investigación y extensión.

Docencia-Capital Humano

Variable respuesta: Número de libros

Se encontró que el total de libros publicados para su trabajo en docencia está asociado significativamente (al 5%) con la experiencia y el total de cursos dictados en ingenierías de UPB.

Tabla 1. Modelo Poisson para la tasa de libros vs experiencia y cursos.

	Estimate Std.	Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-1.135103	0.257457	-4.409	1.04e-05
EXPERIENCIA	0.070812	0.007838	9.035	< 2e-16
CURSOS	0.061716	0.025005	2.468	0.0136

AIC: 243.97

Intervalo de confianza al 95 %: (1.171942, 1.840716)

Media= 1.5060

La variable tasa de libros publicados tiene una media de 1.5 en los docentes, variando en un rango de confianza, entre 1.17 y 1.84 aproximadamente. Este score es el primero de 9 estimados para conformar la medida de Capital.

Docencia-capital estructural

Variable respuesta: cursos creados

La tasa de cursos nuevos creados tiene una asociación significativa al 5% con la participación en reforma curricular y autoevaluación, como proyectos curriculares.

Tabla 2. Modelo Poisson para la tasa de cursos vs reforma y autoevaluación.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.9329	0.2044	-4.564	5.03e-06
REFORMA	0.3294	0.1351	2.438	0.014787
AUTOEV	0.6736	0.1912	3.523	0.000427

AIC: 223.53

Intervalo de confianza al 95 %: (0.6891925, 1.0323265)

Media=0.8607595

La tasa de cursos es más baja que la de libros, con una media de 0.86 por docente y un rango de confianza al 95% de (0.69, 1.032) aproximadamente.

Investigación -capital relacional
Variable respuesta: Ponencias

Tabla 3. Modelo Poisson para la tasa de ponencias

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
EXPERIENCIA	0.023375	0.004362	5.359	8.38e-08
GRUPOUPB	0.888418	0.067219	13.217	< 2e-16
TESISUPB	0.016195	0.004044	4.004	6.22e-05
CONVENIOS	0.101178	0.013066	7.744	9.65e-15
ARTIUPB	0.048214	0.009202	5.240	1.61e-07
ARTIND	0.065430	0.010135	6.456	1.08e-10

AIC: 651.13

Intervalo de confianza al 95 %: (5.567093,8.348401)

Media=6.957747

La tasa de ponencias es una de las más altas encontradas para este análisis, lo que refleja un aporte importante del campo de investigación de la Escuela.

Este mismo procedimiento de análisis se realizó para las siguientes tasas de respuesta, completando las siguientes: libros, tcursos, tmovilidad, tartind, tartupb, tponencias, tboletines, ttesis, ttransfer. Con éstas se obtuvieron los scores para estimar los indicadores usando la técnica de Análisis de Componentes Principales, como se muestra a continuación.

Análisis de componentes principales

La tabla 1 muestra la explicación de variabilidad de las componentes principales encontradas en esta fase preliminar.

Tabla 4. Componentes principales para capital intelectual.

Component		Percent of	Cumulative
<i>Number</i>	<i>Eigenvalue</i>	<i>Variance</i>	<i>Percentage</i>
1	63,7985	64,806	64,806
2	17,6663	17,945	82,751
3	6,25622	6,355	89,106
4	5,38755	5,473	94,579
5	2,37369	2,411	96,990
6	1,70816	1,735	98,725
7	0,592029	0,601	99,326
8	0,548285	0,557	99,883
9	0,114754	0,117	100,000

Se pueden encontrar 3 indicadores explicando un 89% de variabilidad de las 9 tasas estimadas.

Pesos de las componentes en relación con las variables (tasas) estimadas

Según la información de pesos asignada a cada indicadora (componente), se puede dar un nombre a cada una. La primera componente tiene mayor peso asignado a la tasa de ponencias, así como la de tesis dirigidas, por ello ésta podría llamarse indicador de relacional investigativo, mientras el segundo se encamina más a la transferencia, es decir, relacional de extensión, y la tercera a la producción de artículos. La tabla 2 muestra los pesos para cada indicador encontrado.

Tabla 5. Pesos por indicador o componente principal.

	Component	Component	Component
	1	2	3
tlibros	-0,00608295	-0,127182	-0,14974
tcursos	0,00711594	-0,000301019	-0,023217
tmovilidad	0,00129328	-0,0360888	-0,110504
tartind	0,158214	0,146897	0,376293
tartupb	0,311976	0,181155	0,673758
tponencias	0,748477	-0,146634	-0,497827
tboletines	0,142051	0,126666	0,00788259
ttesis	0,498436	-0,36309	0,289073
ttransfer	0,220714	0,87106	-0,194484

Ecuación de la componente 1

- 0,00608295*tlibros + 0,00711594*tcursos + 0,00129328*tmovilidad + 0,158214*tartind + 0,311976*tartupb + 0,748477*tponencias + 0,142051*tboletines + 0,498436*ttesis + 0,220714*ttransfer

Discusión preliminar

La descripción anterior permite hablar del comportamiento de un indicador de Capital intelectual en el área de producción orientada hacia la expresión externa, o productos asociados al componente relacional investigativo y de extensión, lo cual refleja la labor del conocimiento, el impacto del conocimiento o saber hacia lo externo.

El procedimiento siguiente en este proyecto es realizar un análisis valorando impactos por facultad, categoría del docente, nivel de formación, entre otros aspectos, para determinar niveles óptimos.

Seguido a esto, a partir de estos indicadores, es posible generar una valoración que según los puntajes de méritos, puede encontrar una visión económica de lo encontrado anteriormente.

Referencias

1. Brooking, A (1996).- Intellectual Capital. Core Asset for the Third Millenium Enterprise. International Thompson Business School Press. London
2. Brooking, A. (1997). El Capital intelectual. Barcelona: Paidos Empresa.
3. Bueno, E. (1988). El capital intangible como clave estratégica en la competencia actual. (Vol. LIII).
4. Castaño, E. (2009). *Análisis de componentes principales*. Capítulo 5, UNAL.
5. Estrada , S., & Dutréint. (2007). Gestión del conocimiento en pymes y desempeño competitivo. ENGEVISTA.
6. Euroforum. (1998). Medición del Capital intelectual. Modelo Intellect, IUEE. Madrid: San Lorenzo del Escorial.
7. Jardon, C. M., & Martos, M. S. (2008). Capital intelectual y resultados empresariales en la cadena de la madera de Oberá. *En Intangible capital* ISSN: 1697-9818, 4(2).
8. Kaplan, R. & Norton, D. (2000) Mapas estratégicos. Convirtiendo los activos intangibles en resultados tangibles. Ediciones Gestión. Barcelona. 2004
9. Leif, E., & Malone, M. S. (1999). *El Capital intelectual*. Norma.
10. López, G., & Estrada, J. (2010). 8º Congreso Latinoamericano y 8º Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. *Capital intelectual, una aproximación a su valoración desde la dinámica de sistemas*.
11. Ramírez Ospina, D. E. (2007). Capital intelectual: algunas reflexiones sobre su importancia en las organizaciones. Pensamiento y Gestión. Barranquilla: Universidad del Norte.
12. Roos, G., & Roos, J. (1997). Measuring your Company´s Intellectual Performance. (3 ed., Vol. 30).
13. Roos, J., & et al. (2001). Capital intelectual: el valor intangible de la empresa. Barcelona: Paidós.
14. Stewart, T. A. (1997). *Intellectual Capital: The New Wealth of Organizations*. New York: Bantam Doubleday Publishing Group.
15. Thomas A. Stewart. (1997). Intellectual Capital: The New Wealth of Organizations. New York: Bantam Doubleday Publishing Group
16. Valencia, M., & Salazar , J. (2010). Evaluación del impacto de acciones de bienestar sobre una comunidad en Colombia usando un modelo para datos correlacionados. Colombia.
17. Viedma Martí J. M., 2002. CICBS: Cities´ Intellectual Capital Benchmarking System. Una metodología y una herramienta para medir y gestionar el capital intelectual de las ciudades.

Propuesta de un modelo de simulación discreta para un proceso de poscosecha: Caso específico inversiones Coquette

Alejandro Monsalve Ceballos

Universidad Pontificia Bolivariana.

alejandro.monsalvece@alfa.upb.edu.co

Duvan Alberto Ortiz Restrepo

Universidad Pontificia Bolivariana.

duvanalberto.ortiz@alfa.upb.edu.co

Javier Dario Fernandez Ledesma

Universidad Pontificia Bolivariana.

Javier.fernandez@upb.edu.co

Resumen

Se analiza el proceso productivo en la poscosecha de la rosa estándar en una empresa del sector floricultor por medio de la aplicación de la simulación discreta. El estudio es un caso de investigación aplicada en un escenario específico. El análisis del proceso, su implementación en un entorno de simulación discreta a través del uso del software Promodel, ha permitido corregir falencias en el proceso y proponer estrategias de mejora en el mismo. Partiendo de la validación estadística de los datos suministrados en cada módulo de trabajo se ha logrado estandarizar los tiempos de operación y de ciclo, aplicables a empresas del sector floricultor, además de identificar la cantidad de unidades producidas y recursos asignados en determinado período de

producción. Así mismo, el análisis de los resultados del modelo de simulación discreta aplicada al escenario agroindustrial, permitió identificar los cuellos de botella, disminuir los tiempos muertos y monitorear el comportamiento general del proceso. Finalmente se identificaron las posibles propuestas de mejoramiento, que permitieron lograr ventajas significativas en la aplicación del modelo. El modelo propuesto de simulación discreta para el proceso de poscosecha en el sector floricultor permitió el aprovechamiento más efectivo de los recursos asignados al proceso y el mejoramiento en los tiempos asignados a las diferentes operaciones, convirtiéndose en un modelo para su implementación en este escenario agroindustrial, intensivo en mano de obra.

Palabras Claves: Modelo, Poscosecha, Simulación Discreta.

Abstract

We analyze the production process in the standard post-harvest rose in a florist company through the application of discrete simulation. The study is a case of applied research in a specific context. The analysis of the process, its implementation in a discrete simulation through the use of ProModel software has enabled correct flaws in the process and propose strategies for improving it. Based on the statistical validation of the data provided in each module of work has been made to standardize the operating time and cycle, applicable to companies in the floriculture sector, and identify the number of units produced and allocated resources in a given production period. Likewise, the analysis of the results of the simulation model applied to discrete agriculture scenario, identified bottlenecks, reduce downtime and monitor the behavior of the process. Finally, identified any proposals for improvement that would achieve significant advantages in implementing the model. The proposed model of discrete simulation for the process of post-harvest the flower industry allowed more effective use of resources allocated to the process and the improvement in the time allocated to different operations, becoming a model for implementation in this scenario agriculture labor intensive.

Key words: Methodology, Discrete Simulation, Euroautos Ltda

Introducción

El proceso de poscosecha del cultivo de flores Inversiones Coquette consta de la preparación y de los cuidados necesarios de la rosa para su óptima calidad, tiene

como punto de partida la refrigeración de las rosas, seguido por una clasificación de tamaños y calidad, posteriormente se hace un boncheo organizando el producto en paquetes estándar, luego pasa por un proceso de corte, etiquetado, enjuague, almacenamiento en cuarto frío, empaque y posteriormente distribución. En este proceso se ha desarrollado un modelo de simulación discreta aplicando un esquema metodológico que parte de la validación estadística de los tiempos de operación en cada actividad del proceso, que luego de ser estandarizados se hace uso de una herramienta de simulación discreta como el promodel para simular su comportamiento en diferentes escenarios.

En el presente trabajo se muestra la simulación del modelo actual de producción y de acuerdo a los resultados obtenidos, se muestra un modelo propuesto, el cual permite plantear mejoras que aportan a la productividad de la empresa.

Antecedentes

Antecedentes investigativos

La floricultura colombiana, específicamente en Medellín, presenta un modelo de agricultura en el cual los avances tecnológicos, los insumos y la optimización en tiempos y uso del espacio marcan los parámetros para un acelerado crecimiento en este sector.

Los estudios iniciales en el sector floricultor se encaminaron hacia los aspectos técnicos del proceso de poscosecha mismo como son los trabajos de Bolívar et al, (2005) quienes elaboraron un estudio con el fin de mejorar el comportamiento de las rosas cultivadas en invernadero, este consistió en aplicar una serie de sustancias químicas en estado de pre y poscosecha, para posteriormente evaluar características como la longevidad; en este estudio se pudo concluir que el ácido α -Naftalenacético prolonga la vida de la rosa de corte en la poscosecha.

Luego, los trabajos de Chica, y Correa (2005) desarrollaron un estudio en este mismo sector floricultor, el cual fue basado en comparar los efectos que tendrían dos esquemas de iluminación sobre dos diferentes tipos de flores, se realizó con el objeto de encontrar cómo reducir el flujo luminoso en la producción del pompón,

pues los costos de luminiscencia eran del 14 %. Se encontró que los resultados en los diferentes tratamientos no diferían, es decir, la duración en poscosecha de los tallos era aproximadamente la misma, después de haber disminuido el flujo lumínico nocturno, además de encontrar que las diferentes variedades de flores requieren de diferentes cantidades de luminiscencia, dependiendo de la clase.

Así mismo, se desarrollaron estudios orientados hacia las prácticas de responsabilidad social corporativa como los trabajos de Valero, y Camacho (2005) considerando la importancia de realizar mejoras en las prácticas de responsabilidad social, pues éstas mejorarían las relaciones laborales al interior de las compañías floricultoras, aunque encontrando dificultades como el no reconocimiento al acto laboral ni diálogo social mismo en el sector.

Sin embargo, en los últimos cuatro años se han encontrado trabajos más orientados al modelamiento y la optimización de los procesos como es el caso de los trabajos de Lanzas, et al, (2007) quienes realizaron un estudio para caracterizar el sistema de costos de las heliconias en el departamento de Risaralda, el objetivo fue suministrar una herramienta al sector para desarrollar de manera competitiva su actividad.

Y los trabajos de Pérez (2008) quién desarrolló un modelo de optimización y mejoramiento de un proceso, utilizando la herramienta de estudio de tiempos aplicada en flores el trigal Ltda. El estudio se realizó en las actividades de producción de la flor *snapdragon*; se identificaron las actividades que presentan problemas y posteriormente se elaboraron propuestas de mejoramiento, las cuales lograron modernizar el método de producción y lograr ventajas en el desarrollo de las actividades. La información necesaria se recolectó mediante la observación directa y entrevistas, además de las herramientas del estudio de métodos como diagrama de recorridos.

Estos trabajos han servido como referente para proponer este estudio en el marco de construir un cuerpo analítico y conceptual para este importante sector de nuestra economía.

Caso de estudio

Lo anterior evidencia que el campo del modelamiento, la simulación y la optimización de los procesos del sector floricultor posibilita realizar un estudio de métodos

y tiempos como insumo para la construcción de un modelo de simulación aplicable a la organización inversiones Coquette, modelo el cual permite optimizar el proceso de poscosecha, pues es evidente, mediante la observación directa en sus módulos de trabajo, que se está incurriendo en costos adicionales, costos que se presentan por los reprocesos ocasionados por la alta estacionalidad de las ventas en el mercado y las pérdidas inherentes a las demoras en el proceso productivo.

Después de definir el tipo de problema, en este caso, de simulación discreta, se procedió a definir la herramienta más adecuada para su modelado con el fin de obtener aproximaciones de la realidad que permitan plantear soluciones y alcanzar los objetivos del estudio.

Una vez definido lo anterior, se procedió a la elaboración del plano de la empresa y las gráficas para las locaciones, entidades y recursos que serían utilizados posteriormente en *ProModel®*, el software de simulación escogido. El entorno gráfico y las imágenes de la biblioteca gráfica fueron elaborados con la ayuda del software *Visio*.

Las locaciones y entidades del modelo fueron guardados en una librería gráfica de *ProModel®* utilizando la herramienta *Graphic Editor*. En ella se creó una nueva librería gráfica y se guardaron todos los elementos del modelo.

Para la elaboración del plano se tomó como base un plano suministrado por la empresa y un bosquejo elaborado durante la visita al cultivo.

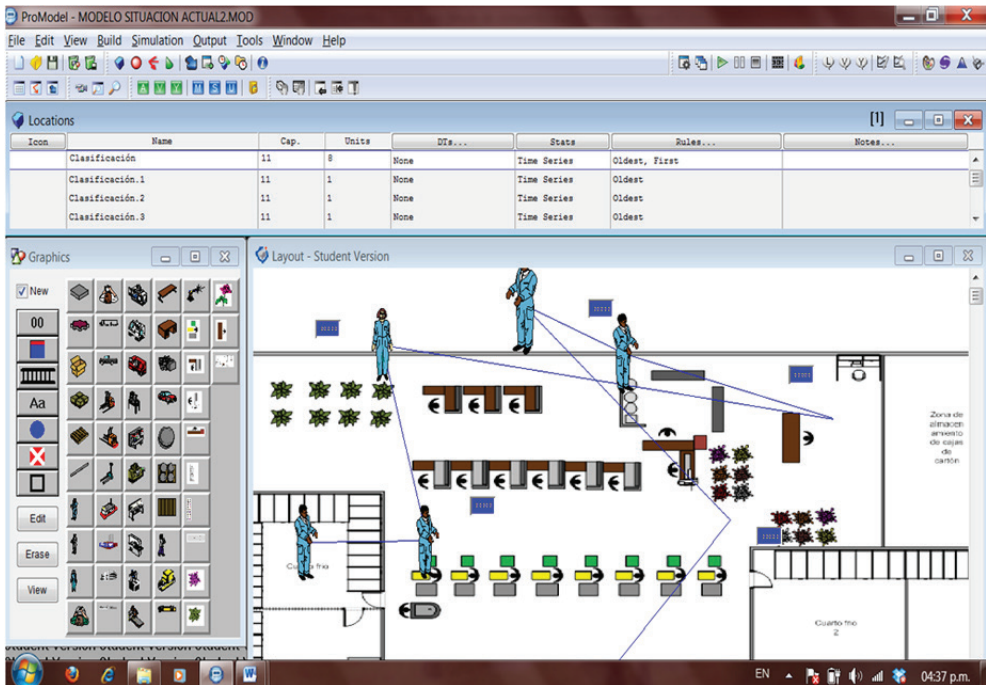
Mediante la herramienta *Statgraphics* se realizó un estudio estadístico a los tiempos tomados en cada módulo de trabajo. Se determinó aplicar este software porque facilita la realización de diversos análisis, aporta interpretaciones instantáneas a los resultados y en general es una herramienta muy completa, la cual cuenta con más de 150 procedimientos estadísticos que cubren la mayoría de las áreas de análisis estadístico.

Esta herramienta se aplicó para determinar la variabilidad en los datos, ya que existen un sin número de causantes que afectan la prueba estadística, por tal motivo los datos que más generaban variabilidad (los datos atípicos) se eliminaron, quedando así un tamaño de muestra menor.

También mediante la herramienta *Statgraphics* se determinó a qué tipo de distribución se ajustan los tiempos de cada módulo de trabajo.

Para realizar el modelo se crearon 19 locaciones (locations): Clasificación (8), Boncheo (6), Corte, Etiquetado, Enjuague, Empaque, Almacenamiento, tal como se muestra en la siguiente figura.

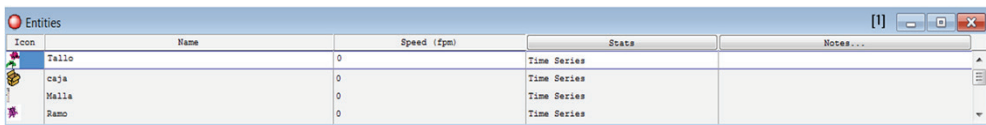
Figura 1. Construcción de locaciones en ProModel®



Fuente: Software ProModel® 7

Una vez definida la configuración de todas las locaciones, se realiza la configuración de las entidades, los cuales son los elementos que serán procesados por las locaciones, que para este caso de aplicación las entidades están representadas por mallas, tallos, paquete y caja.

Figura 2. Construcción de las entidades del modelo

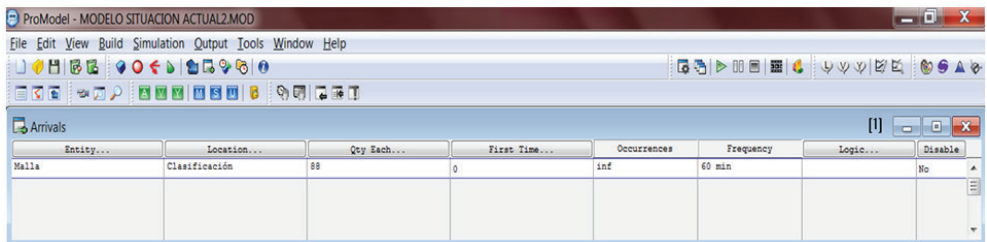


Fuente: Software Promodel® 7

Para las entidades *Tallo*, *Caja*, *Malla*, *Ramo* se asumió una velocidad cero debido a que se determinó un tiempo estándar en el recorrido de la entidad de una locación a otra por lo que la velocidad de estas entidades dentro del sistema es inherente a los recorridos en el plano.

Los arribos o llegadas son el punto de partida de un modelo pues de la entrada de éste al sistema depende que se pueda empezar a desarrollar las actividades.

Figura 3. Construcción de Arrivals

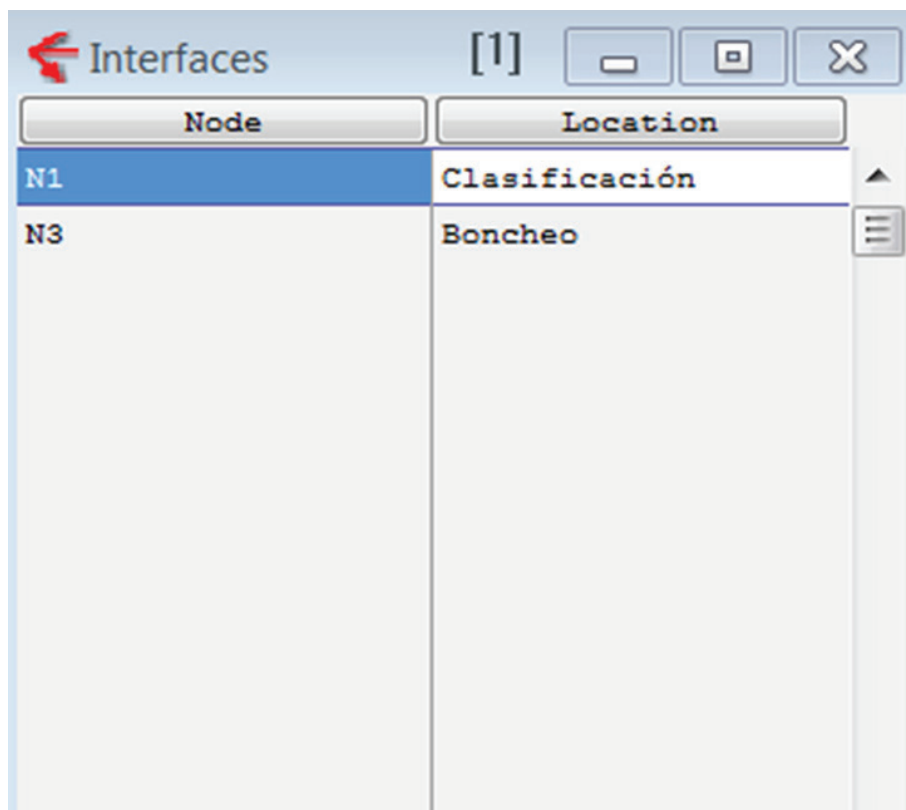


Fuente: Software Promodel® 7

Para el modelo construido las ocurrencias (*Occurrences*) son infinitas (*INF*) pues el modelo está delimitado por el tiempo de la simulación. En la columna de frecuencia (*Frequency*) está determinada en 60 min y sus parámetros para cada una de las entidades.

Luego se define el diagrama de recorrido de los recursos y entidades, también se utiliza para informar al modelo cuánto se demora la entidad de una locación a otra.

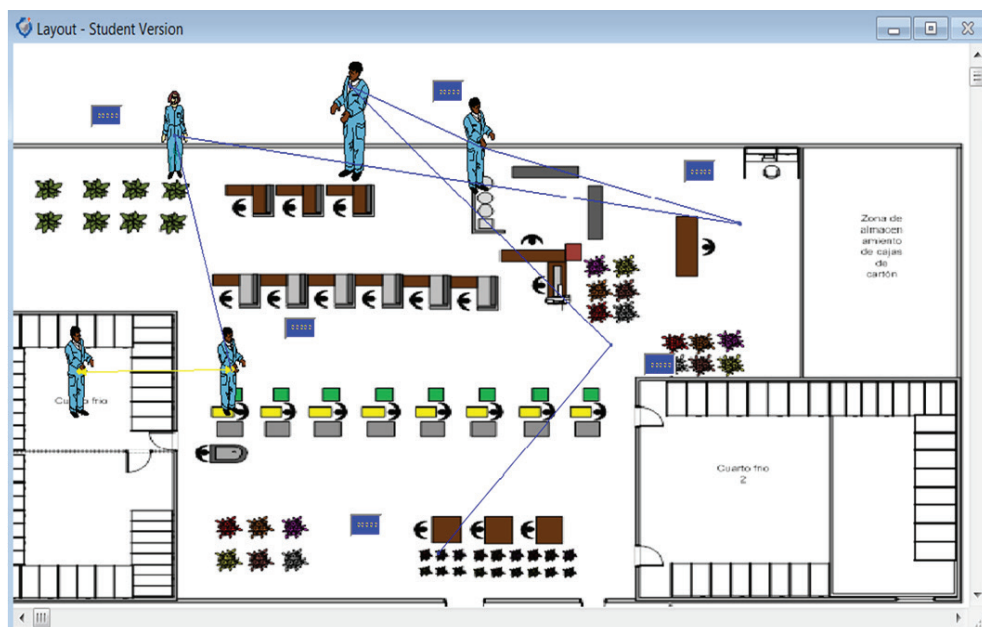
Figura 4. Ventana Interface



Fuente: Software ProMode® 7

Finalmente se construye la red de desplazamiento constituida por los nodos de las locaciones: Clasificación, Boncheo, Corte, Etiquetado, Enjuague, Empaque, Almacenamiento.

Figura 5. Red de desplazamiento



Fuente: Software Promodel® 7

Los recursos pueden ser personas, equipos o máquinas que pueden operar las entidades ya sea transportándolas o realizando operaciones puntuales a la entidad.

Figura 6. Construcción de Recursos

ProModel - MODELO SITUACION ACTUAL2.MOD

File Edit View Build Simulation Output Tools Window Help

Resources

Icon	Name	Units	DTa...	Stats	Specs...	Search...	Logic...	Pts...	Notes...
	operario_clasificacion	8	None	By Unit	clasificar, N1, Rtn None	0		1	
	operario_boncheo	6	None	By Unit	boncheo, N1, Rtn None	0		1	
	operario_etiquetado_enjuague	1	None	By Unit	etiquetarenjuagar, None	0		1	
	operario_corte	1	None	By Unit	cortar, N1, Rtn Hoi None	0		1	
	operario_empaque	2	None	By Unit	empacar, N1, Rtn H None	0		1	

Fuente: Software Promodel® 7

Figura 7. Construcción de Atributos del sistema

MODELO SITUACION ACTUAL2.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
Tallo	0,00	66,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
caja	1920,00	1,00	255,96	13,42	22,81	10,52	209,21
Malla	0,00	88,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ramo	0,00	23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Software ProModel® 7.

Se utilizaron dos atributos, donde se guarda, en este caso, “el tiempo de llegada al sistema” de la entidad. Se usa la palabra *general* cuando la entidad *Malla* entra al sistema.

Figura 8. Construcción de Variables del sistema

ID	Type	Classification	Notes...
ATT_MALLA	Integer	Ent	
ATT_GENERAL	Integer	Ent	

Fuente: Software Promodel® 7

Se utilizaron en total seis variables para medir las cantidades procesadas de las entidades correspondientes.

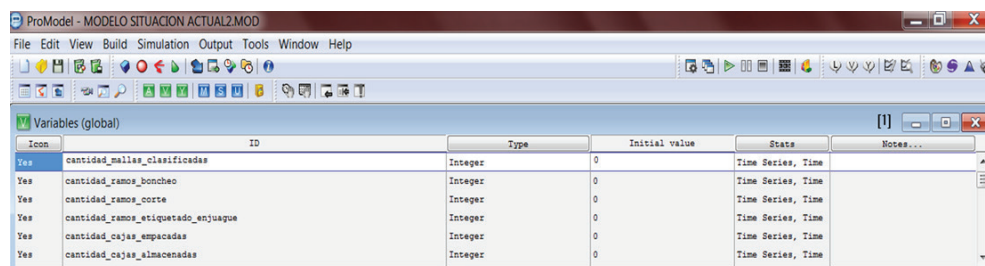
Finalmente se describen las operaciones que se dan en una locación definiendo la cantidad de tiempo que las entidades toman en ella, los recursos necesarios para completar el proceso, entre otros, además se define el siguiente destino para la entidad.

En el caso del modelo de Inversiones Coquette se trabajó en todas las locaciones con una misma entidad (malla), el estudio de tiempos para cada puesto de trabajo se realizó de acuerdo al tiempo de operación con cada entidad, por tal motivo se debe aclarar que el tiempo de operación para una malla no es el mismo tiempo de operación para un ramo. A continuación se muestran las equivalencias de operación en cada puesto de trabajo.

Clasificar 1 malla= clasificar 1 malla
 Bonchar 1 malla = Bonchar 2 ramos
 Cortar 1 malla = cortar 2 ramos
 Etiquetar 1 malla = etiquetar 2 ramos
 Enjuagar 1 malla = enjuagar 2 ramos
 Empacar 2 malla = empacar 1 caja

En la siguiente tabla se indica la descripción del proceso que se realizó para el estudio de simulación en Inversiones Coquette teniendo en cuenta las anteriores equivalencias en los tiempos de operación:

Figura 9. Construcción de Procesamientos



The screenshot shows the ProModel software window titled 'ProModel - MODELO SITUACION ACTUAL2.MOD'. The 'Variables (global)' table is displayed with the following data:

Icon	ID	Type	Initial value	State	Notes...
Yes	cantidad_mallas_clasificadas	Integer	0	Time Series, Time	
Yes	cantidad_ramos_boncheo	Integer	0	Time Series, Time	
Yes	cantidad_ramos_corte	Integer	0	Time Series, Time	
Yes	cantidad_ramos_etiquetado_enjuague	Integer	0	Time Series, Time	
Yes	cantidad_cajas_empacadas	Integer	0	Time Series, Time	
Yes	cantidad_cajas_almacenadas	Integer	0	Time Series, Time	

Fuente: Software Promodel® 7

Se definieron 54 horas de trabajo como tiempo de corrida (1 semana), reporte de salida estándar, pause al iniciar la simulación, precisión del reloj en minutos y número de réplicas 1.

Al finalizar la simulación, *Promodel*® brinda la posibilidad de observar los reportes estadísticos que han sido recolectadas.

Promodel® genera varios reportes numéricos de la simulación, pero nos limitaremos a analizar las fichas que presentan las estadísticas de interés para la empresa y el grupo de trabajo.

Teniendo en cuenta que el promedio diario de operación de la empresa es de 9 horas al día, 6 días en una semana, se realizó una comparación de la aproximación de los resultados arrojados por la simulación y la realidad de la empresa, para esto nos basamos en la cantidad de entidades procesadas.

Debido a que se contaba con el conocimiento teórico de la cantidad de mallas entrantes al sistema por hora (88 mallas), se estimó la cantidad de cajas salientes en una semana de operación, teniendo en cuenta que una caja está contenida por 2 mallas

$$\frac{8 \text{ mallas}}{\text{hora}} * \frac{3 \text{ horas}}{\text{semana}} = \frac{4.752 \text{ mallas}}{\text{semana}} * \frac{1 \text{ caja}}{2 \text{ mallas}} = \frac{2.376 \text{ cajas}}{\text{semana}}$$

Después de realizar la simulación en *Promodel®*. Se observaron 1921 cajas empacadas y almacenadas durante la semana simulada.

Calculo del error.

$$\frac{|2.376 \text{ cajas} - 1.921 \text{ cajas}|}{2.376 \text{ cajas}} * 100 = 9.1\%$$

Como se puede observar el error es relativamente bajo, aunque es bueno tener en cuenta lo siguiente:

Al momento de finalizar la simulación del día laborado, dentro del sistema se encontraban aun entidades siendo procesadas.

Al momento de clasificar las mallas es desechado un 5% de tallos ya que estos no cumple con los requisitos de calidad.

Figura 10. Reporte Entity Activity

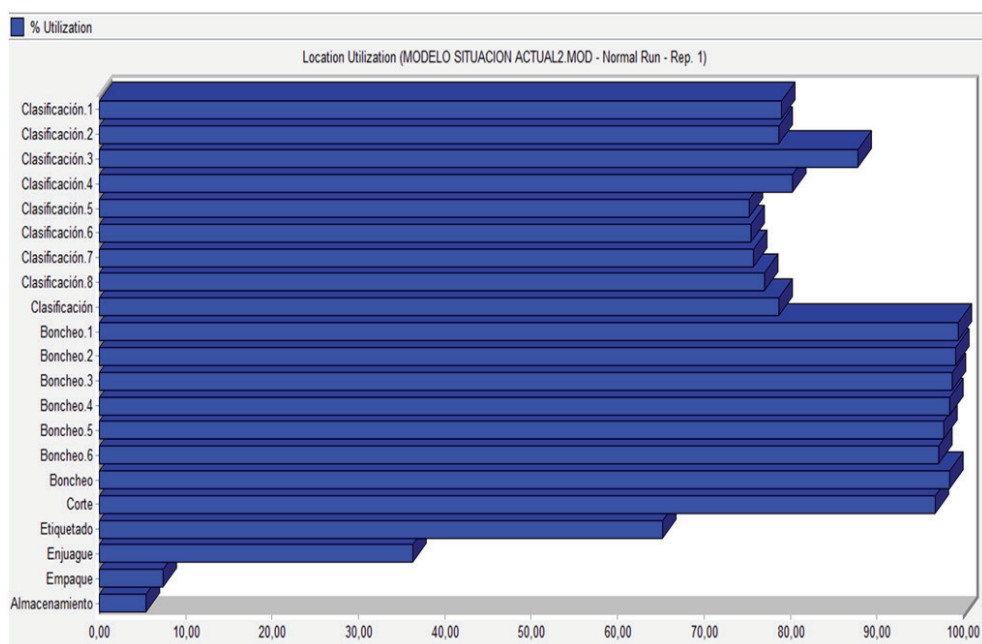
PROCESS			ROUTING				
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
Malla	Clasificación	get 1 operario_clasificacion wait N(4.48982,0.173797) inc cantidad_mallas_clasificadas free operario_clasificacion	1	Tallo	Boncheo	FIRST 1	move with operario_boncheo then free
Tallo	Boncheo	get 1 operario_boncheo wait N(2.74522,0.106259) inc cantidad_ramos_boncheo free operario_boncheo	1	Ramo	Corte	FIRST 1	move with operario_corte then free
Ramo	Corte	get 1 operario_corte wait N(0.37511,0.0127178) inc cantidad_ramos_corte free operario_corte	1	Ramo	Etiquetado	FIRST 1	move with operario_etiquetado_enjuague then free
Ramo	Etiquetado	get 1 operario_etiquetado_enjuague wait N(0.22999,0.00985814) inc cantidad_ramos_etiquetado_enjuague free operario_etiquetado_enjuague	1	Ramo	Enjuague	FIRST 1	move with operario_etiquetado_enjuague then free
Ramo	Enjuague	get 1 operario_etiquetado_enjuague wait N(0.48945,0.00775171) free operario_etiquetado_enjuague	1	Ramo	Empaque	FIRST 1	move with operario_empaque then free
Ramo	Empaque	get 1 operario_empaque wait N(1.19787,0.125857) inc cantidad_cajas_empacadas free operario_empaque	1	caja	Almacenamiento	FIRST 1	move with operario_empaque then free
caja	Almacenamiento	wait 1 min	1	caja	EXIT	FIRST 1	inc cantidad_cajas_almacenadas

Fuente: Promodel®

Observamos en la Figura 10 cómo las entidades estuvieron en el sistema durante 256 minutos, aproximadamente 4.2 horas, dentro de las cuales 10,5 minutos fueron empleadas para procesar dichas entidades, durante el resto del tiempo de simulación las entidades se encontraban moviéndose a través de las locaciones y esperando ser procesadas.

En la Figura 11. Se puede observar que el porcentaje de utilización de todas las locaciones es alto, en especial las de boncheo, clasificación, esto debido a las características del proceso de Poscosecha, es decir, el proceso de clasificar y bonchar son quizás los más críticos, pues son los que más tiempo de operación toman en el proceso; las mallas y ramos permanecen la mayoría del tiempo siendo clasificadas y bonchadas.

Figura 11. Reporte % Utilización locaciones.



Fuente: Promodel®

Se evidencia que los tiempos de mayor permanencia en las locaciones son en los puestos de trabajo de clasificación y boncheo, esto se puede observar con lo mencionado anteriormente en el % de utilización.

Las locaciones a las cuales entraron el mayor número de entidades fueron clasificación y boncheo, a medida que el proceso sigue su curso se observa que en las demás locaciones va disminuyendo la cantidad de entidades.

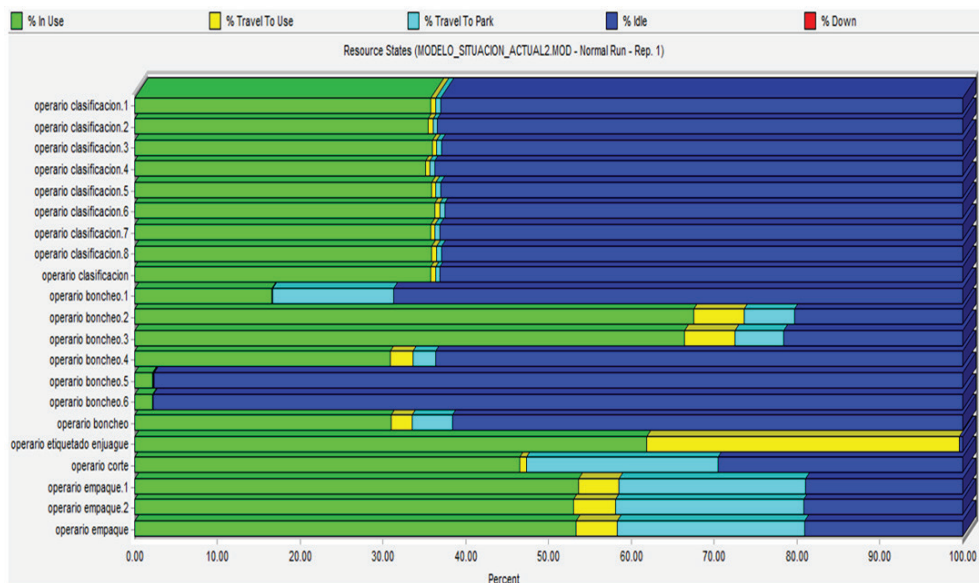
El porcentaje de utilización de los recursos en general fue bueno, con algunas diferencias entre ellos, es decir, el porcentaje de utilización del recurso dependió de la locación en que fuera utilizado, encontrando el nivel más bajo de utilización en las locaciones de clasificación y boncheo, esta última presentó un muy bajo porcentaje en dos de sus operarios.

Figura 12. Reporte de Recursos

MODELO_SITUACION_ACTUAL2.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization
operario clasificacion.1	1.00	54.00	258.00	4.49	0.07	0.35	0.00	36.34
operario clasificacion.2	1.00	54.00	255.00	4.50	0.07	0.35	0.00	36.01
operario clasificacion.3	1.00	54.00	260.00	4.48	0.07	0.35	0.00	36.50
operario clasificacion.4	1.00	54.00	253.00	4.50	0.07	0.35	0.00	35.69
operario clasificacion.5	1.00	54.00	258.00	4.50	0.07	0.35	0.00	36.39
operario clasificacion.6	1.00	54.00	262.00	4.48	0.07	0.35	0.00	36.84
operario clasificacion.7	1.00	54.00	258.00	4.48	0.07	0.35	0.00	36.28
operario clasificacion.8	1.00	54.00	259.00	4.49	0.07	0.35	0.00	36.47
operario clasificacion	8.00	432.00	2063.00	4.49	0.07	0.35	0.00	36.31
operario boncheo.1	1.00	54.00	1917.00	0.28	0.00	0.25	0.00	16.68
operario boncheo.2	1.00	54.00	629.00	2.64	0.24	0.25	0.00	73.64
operario boncheo.3	1.00	54.00	809.00	2.66	0.24	0.25	0.00	72.45
operario boncheo.4	1.00	54.00	384.00	2.61	0.23	0.25	0.00	33.63
operario boncheo.5	1.00	54.00	43.00	1.57	0.09	0.25	0.00	2.20
operario boncheo.6	1.00	54.00	38.00	1.82	0.07	0.25	0.00	2.21
operario boncheo	6.00	324.00	4020.00	1.50	0.12	0.25	0.00	33.47
operario etiquetado enjuague	1.00	54.00	7713.00	0.26	0.16	0.16	0.00	99.64
operario corte	1.00	54.00	3888.00	0.39	0.01	0.40	0.00	47.27
operario empaque.1	1.00	54.00	2899.00	0.60	0.05	0.49	0.00	58.49
operario empaque.2	1.00	54.00	2866.00	0.60	0.06	0.50	0.00	58.07
operario empaque	2.00	108.00	5765.00	0.60	0.06	0.49	0.00	58.28

Fuente: Promodel®

Figura 13. Reporte % Recursos



Fuente: Promodel®.

Se observó que el tiempo promedio de viaje del recurso (Avg Time Travel To Use) más significativo fue el del operario boncheo, dicho tiempo no es muy alto pero fue el más significativo dentro de los otros recursos.

Se puede ver que el porcentaje de ocio para los recursos de clasificación y boncheo fue relativamente alto, esto evidencia lo mencionado anteriormente respecto al porcentaje de utilización del recurso en las mismas dos locaciones.

Observando el alto porcentaje de ocio en dos operarios de boncheo se recurre a realizar el siguiente cálculo de análisis:

Si clasificación se demora 60 minutos para procesar 88 mallas, se desea saber boncheo cuánto se demora en procesar la misma cantidad.

2.74 minutos para bonhear 6 mallas

$$\frac{2.74 \text{ min}}{X} = \frac{6 \text{ mallas}}{88 \text{ mallas}}$$

$$X = 40 \text{ min}$$

Boncheo se demora 40 minutos para clasificar 11 mallas

Figura 14. Reporte Resource States

MODELO_SITUACION_ACTUAL2.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
operario clasificacion.1	54.00	35.76	0.58	0.58	63.08	0.00
operario clasificacion.2	54.00	35.43	0.58	0.58	63.41	0.00
operario clasificacion.3	54.00	35.92	0.58	0.58	62.92	0.00
operario clasificacion.4	54.00	35.10	0.58	0.58	63.73	0.00
operario clasificacion.5	54.00	35.81	0.58	0.58	63.02	0.00
operario clasificacion.6	54.00	36.26	0.58	0.58	62.58	0.00
operario clasificacion.7	54.00	35.70	0.58	0.58	63.13	0.00
operario clasificacion.8	54.00	35.88	0.58	0.58	62.95	0.00
operario clasificacion	432.00	35.73	0.58	0.58	63.10	0.00
operario boncheo.1	54.00	16.59	0.09	14.57	68.75	0.00
operario boncheo.2	54.00	67.51	6.13	6.10	20.26	0.00
operario boncheo.3	54.00	66.42	6.03	5.95	21.60	0.00
operario boncheo.4	54.00	30.88	2.75	2.68	63.69	0.00
operario boncheo.5	54.00	2.09	0.12	0.10	97.69	0.00
operario boncheo.6	54.00	2.13	0.08	0.07	97.72	0.00
operario boncheo	324.00	30.94	2.53	4.91	61.62	0.00
operario etiquetado enjuague	54.00	61.81	37.83	0.01	0.35	0.00
operario corte	54.00	46.50	0.77	23.23	29.50	0.00
operario empaque.1	54.00	53.59	4.90	22.55	18.97	0.00
operario empaque.2	54.00	52.96	5.11	22.73	19.20	0.00
operario empaque	108.00	53.28	5.00	22.64	19.08	0.00

Fuente: Promodel®

Este reporte estadístico muestra cómo a medida que el proceso y la simulación transcurren, el número de entidades procesadas en cada una de las locaciones va disminuyendo.

Figura 15. Reporte Variables

MODELO_SITUACION_ACTUAL2.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
cantidad mallas clasificadas	2063.00	1.55	0.00	2063.00	2063.00	1105.22
cantidad ramos boncheo	2008.00	1.61	0.00	2008.00	2008.00	1043.06
cantidad ramos corte	1944.00	1.67	0.00	1944.00	1944.00	979.41
cantidad ramos etiquetado enjuague	1930.00	1.68	0.00	1930.00	1930.00	965.07
cantidad cajas empacadas	1921.00	1.69	0.00	1921.00	1921.00	956.82
cantidad cajas almacenadas	1920.00	1.69	0.00	1920.00	1920.00	955.97

Fuente: Promodel®

Teóricamente entran al sistema 2376 mallas de las cuales son clasificadas 2063, es evidente que solo hay capacidad para clasificar esta cantidad, de este punto en adelante y pasando locación por locación se observa que va disminuyendo el número de entidades procesadas por locación, dando como resultado al final de la operación 1920 cajas para ser despachadas.

Al observar los reportes estadísticos de la simulación del modelo real se notó que los recursos (operarios) están siendo mal utilizados, pues encontramos que hay mano de obra ociosa. El porcentaje de utilización de algunos recursos en algunos puestos de trabajo es bastante bajo y en algunas ocasiones se observa que más del 50 % en algunos puestos de trabajo está siendo mal utilizado.

Por esta razón se consideró pertinente la construcción del siguiente escenario.

Debido a que el porcentaje de utilización más bajo se presentó en las locaciones de clasificación y boncheo se decide asignar a dichas locaciones un menor número de operarios, es decir, reducir el número de módulos de boncheo a (4) y clasificación a (6).

A continuación se corrió el modelo.

Se pudo observar que el porcentaje de utilización de los recursos de las locaciones clasificación y Bonche aumentó, considerando que estas locaciones se les redujeron el número de módulos de trabajo.

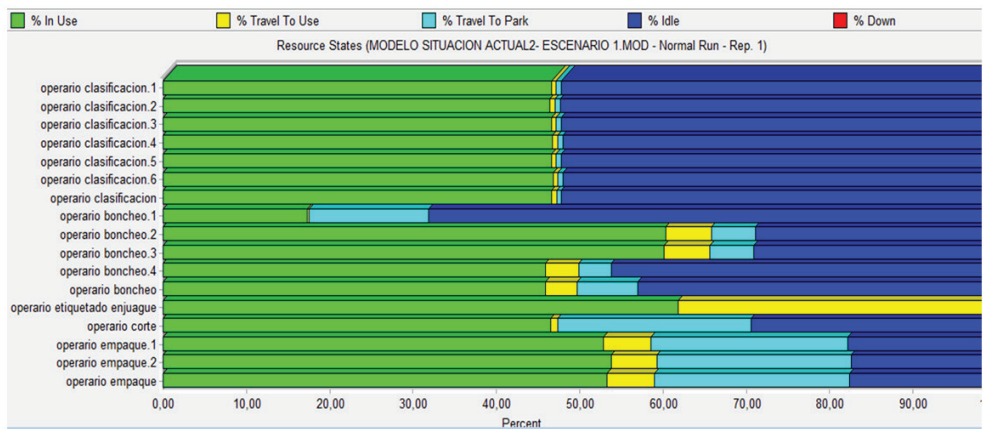
Figura 16. Reporte Recursos escenario1

MODELO SITUACION ACTUAL2- ESCENARIO 1.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Utilization
operario clasificacion.1	1.00	54.00	335.00	4.51	0.06	0.35	47.18
operario clasificacion.2	1.00	54.00	336.00	4.48	0.06	0.35	47.05
operario clasificacion.3	1.00	54.00	337.00	4.48	0.06	0.35	47.19
operario clasificacion.4	1.00	54.00	337.00	4.50	0.06	0.35	47.37
operario clasificacion.5	1.00	54.00	337.00	4.48	0.06	0.35	47.18
operario clasificacion.6	1.00	54.00	337.00	4.50	0.06	0.35	47.40
operario clasificacion	6.00	324.00	2019.00	4.49	0.06	0.35	47.23
operario boncheo.1	1.00	54.00	1922.00	0.29	0.00	0.25	17.48
operario boncheo.2	1.00	54.00	746.00	2.62	0.24	0.25	65.84
operario boncheo.3	1.00	54.00	750.00	2.60	0.24	0.25	65.62
operario boncheo.4	1.00	54.00	560.00	2.65	0.23	0.25	49.90
operario boncheo	4.00	216.00	3978.00	1.50	0.12	0.25	49.71
operario etiquetado enjague	1.00	54.00	7713.00	0.26	0.16	0.16	99.66
operario corte	1.00	54.00	3890.00	0.39	0.01	0.40	47.32
operario empaque.1	1.00	54.00	2873.00	0.60	0.07	0.49	58.60
operario empaque.2	1.00	54.00	2892.00	0.60	0.06	0.48	59.31
operario empaque	2.00	108.00	5765.00	0.60	0.06	0.48	58.96

Fuente: Promodel®

Se evidencia el cambio en el % ocioso de los recursos, el cual es más bajo en este escenario planteado.

Figura 17. Reporte % Recursos Escenario 1



Fuente: Promodel®

Vale la pena resaltar que la cantidad de entradas al sistema no fue modificada (88 mallas / hora) y teniendo en cuenta este cambio, la cantidad de cajas almacenadas fue la misma que el modelo actual.

Figura 18. Locaciones escenario 1

MODELO SITUACION ACTUAL2- ESCENARIO 1.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Clasificación.1	54.00	11.00	461.00	53.90	7.67	11.00	11.00	69.72
Clasificación.2	54.00	11.00	319.00	70.08	6.90	11.00	11.00	62.73
Clasificación.3	54.00	11.00	319.00	87.31	8.60	11.00	11.00	78.15
Clasificación.4	54.00	11.00	319.00	73.40	7.23	11.00	11.00	65.70
Clasificación.5	54.00	11.00	319.00	78.95	7.77	11.00	11.00	70.67
Clasificación.6	54.00	11.00	318.00	96.03	9.43	11.00	11.00	85.68
Clasificación	324.00	66.00	2055.00	75.03	7.93	0.00	66.00	72.11
Boncheo.1	54.00	11.00	531.00	66.52	10.90	11.00	11.00	99.11
Boncheo.2	54.00	11.00	501.00	69.95	10.82	11.00	11.00	98.33
Boncheo.3	54.00	11.00	484.00	71.64	10.70	11.00	11.00	97.29
Boncheo.4	54.00	11.00	473.00	72.76	10.62	11.00	11.00	96.56
Boncheo	216.00	44.00	1989.00	70.11	10.76	44.00	44.00	97.82
Corte	54.00	11.00	1945.00	17.71	10.63	11.00	11.00	96.63
Etiquetado	54.00	11.00	1934.00	12.27	7.32	9.00	8.00	66.58
Enjuague	54.00	11.00	1926.00	6.44	3.83	5.00	4.00	34.78
Empaque	54.00	11.00	1922.00	1.39	0.82	2.00	1.00	7.48
Almacenamiento	54.00	11.00	1921.00	1.00	0.59	2.00	0.00	5.39

Fuente: Promodel®.

Se puede ver cómo el porcentaje de utilización de las locaciones se mantuvo relativamente estable, aunque en clasificación se ve una mínima disminución en dicho reporte.

Realizando una comparación del modelo de la situación actual de la empresa y el modelo del escenario 1 se pudo observar que los cambios realizados por parte del grupo de trabajo tuvieron gran significancia en los reportes estadísticos, específicamente en el aprovechamiento efectivo de los recursos, el hecho de haber disminuido dos de los módulos de trabajo tanto en clasificación como en boncheo aumentó la utilización de los operarios, es decir, disminuyó el porcentaje de mano de obra ociosa, manteniéndose constante las entradas al sistema y de igual manera las salidas, lo cual contribuye con una disminución en los costos de mano de obra para la empresa.

Actualmente en el proceso productivo de Poscosecha existe un gran tiempo de movimiento de los recursos para transportar las entidades, es decir, durante el proceso los operarios, especialmente en corte, etiquetado y enjuague, deben recorrer distancias considerables para darle continuación al flujo de las entidades, en algunas ocasiones deben ir y recolectar el material para luego volver a su puesto de trabajo y procesarlo, agregando un tiempo improductivo al proceso.

El porcentaje de utilización de los recursos en los puestos de trabajo Boncheo 5 y Boncheo 6 fueron muy bajos (2.20 y 2.21 respectivamente) observando que realizan poco trabajo, se considera que este factor se debe a que el tiempo de procesamiento de boncheo es menor que el proceso de clasificación, por lo que al procesar determinada cantidad de entidades en clasificación el tiempo es más alto que al procesar la misma cantidad en boncheo, quedando estos dos operarios mencionados anteriormente con pocas entidades para bonchear.

El tiempo promedio de operación para procesar 11 mallas en clasificación es de 5 min y estas mallas pasan luego de ser clasificadas a boncheo en donde el tiempo de operación para bonchear 11 mallas promedio es de 40 minutos, por tal motivo hay 20 minutos de tiempo no operativo lo que explica el poco porcentaje de utilización en los dos puestos de trabajo de boncheo mencionados anteriormente.

Conclusiones y recomendaciones

Entre las principales conclusiones del trabajo desarrollado se tienen las siguientes:

La utilización de una buena metodología y un buen software de simulación logran brindar a la gerencia de una empresa valiosas estadísticas de los procesos productivos. A través de la evaluación e interpretación de los reportes estadísticos y variables programadas en la simulación se logran establecer buenas bases para la formulación de estrategias de mejora y aumento de productividad al interior de una empresa.

A partir de la evaluación de los recursos en ambos modelos, tanto el real como el escenario 1, se considera pertinente un replanteamiento del transporte de las entidades, es evidente que los operarios deben recorrer muchas distancias, es decir, deben ir y recolectar las entidades para luego volver a su puesta a procesarlas. Considerar la idea de invertir en una banda transportadora entre boncheo y corte podría reducir estos tiempos de desplazamiento, sobre todo con el operario de corte; para el operario de etiquetado y empaque no es recomendable este proceso pues por la naturalidad del proceso que realiza debe desplazarse entre las dos locaciones etiquetando, recolectando y enjuagando.

Observando el número de puestos de trabajo para las locaciones de clasificación (8) y boncheo (6), consideramos que boncheo y clasificación podrían tener un menor número de puestos de trabajo, es decir, para la cantidad de producción evaluada consideramos que clasificación podría tener tan solo 6 puestos de trabajo y boncheo 4, esto con el objeto de aumentar el rendimiento de estas locaciones y evitar capacidad ociosa en el proceso.

Se le recomienda a la empresa sistematizar el proceso de etiquetado ya que éste requiere de un operario, el cual puede ser reemplazado por una máquina etiquetadora, ésta puede disminuir el tiempo de operación considerablemente en este proceso. En la etiqueta está plasmado el tipo de producto, fecha de corte, nombre del bonchador y el nombre del cliente para el cual va el producto, cuando hay cambios en los pedidos por el cliente dicho producto es reprocesado especialmente en el proceso de etiquetado, por tal motivo es de gran importancia su operación óptima, la cual la puede dar mucho mejor una máquina etiquetadora que un operario.

Referencias

1. Chávez, P. A., Castillo, A. M., & Fischer, V. J. (2005). El ácido a-Naftalenacético prolonga la vida en la poscosecha de rosa de corte. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*.
2. Duque, A. M., Trejos, E. A., & Duque, V. E. (2007). Caracterización del sistema de costos de la cadena de flores Tropicales (Heliconias) en el departamento de Risaralda. *Scientia Et Technica*, 331-336.

3. Gómez, S. y. (2005). Efecto de la temperatura en el periodo de latencia y producción de esporangios de peronospora sparsa Berkeley en tres variedades de rosa. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*.
4. Jurado, T. M. (2008). *Aplicación de un estudio de métodos para el mejoramiento de procesos de snap-dragon en Flores el Trigal LTDA*.
5. Toro, F. d., & Londoño, G. A. (2005). Evaluacion de dos tratamientos fotoperiódicos en crisantemo (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam.), bajo condiciones del intertrópico Andino alto. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*.

Modelos de pronóstico para la demanda del fijador dinámico interespinoso usando técnicas estadísticas avanzadas y redes neuronales artificiales

Jairo Andres Narvaez Salas

jans_287@hotmail.com

Marisol Valencia Cárdenas

Universidad Pontificia Bolivariana

marisol.valencia@upb.edu.co

Javier Darío Fernandez Ledesma

Universidad Pontificia Bolivariana.

Javier.fernandez@upb.edu.co

Resumen

Se presentan los modelos aplicados en la empresa Eco síntesis, dedicada a la comercialización de implantes quirúrgicos, para el pronóstico de la demanda de su producto: implante interespinoso para columna. En primera instancia se desarrolla un proceso de recolección de datos para estimar la demanda, luego se realiza un análisis estadístico de los datos y se determina el modelo estadístico que mejor se ajusta a las observaciones para, finalmente, construir el modelo estadístico de pronóstico. Simultáneamente, se desarrollan cada uno de los pasos que conllevan, con el uso de las redes neuronales artificiales a la construcción de un modelo de pronóstico para establecer las posibles diferencias y semejanzas. La aplicación de los modelos

ha resultado ajustado a las observaciones de la demanda propuesta, en tanto que el desempeño del modelo de RNA usado es mejor en cuanto a una disminución de la raíz del error cuadrático medio presentada por el modelo estadístico ARMA (1,2) en los periodos donde se conocía el valor real de las observaciones. Así mismo, vemos cómo el modelo de RNA alcanza un desempeño adecuado en un tiempo muy reducido, apenas de un segundo. Se concluye por la experiencia en este trabajo que para series temporales que se ajustan a modelos ARMA, es adecuado usar modelos de red neuronal sencillos con dos capas de redes, una de salida y otra de entrada, pues el uso de modelos multicapa no trajo buenos resultados en nuestro trabajo. En la serie de tiempo como la presentada en este estudio, donde el comportamiento no tendencial fue característico, el haber usado un modelo de RNA con propagación hacia adelante permitió alcanzar resultados buenos en cuanto a la precisión del pronóstico.

Palabras Claves: Modelos de Pronósticos, Redes Neuronales Artificiales, Series Temporales

Abstract

We present the models used in the synthesis Eco company dedicated to the marketing of surgical implants, to forecast demand for its product: Spine interspinous implant. First, we develop a data collection process to estimate the demand, then performed a statistical analysis of the data and determining the statistical model that best fits the observations to finally build the statistical model forecast. Simultaneously, they develop each of the steps involved, with the use of artificial neural networks, to build a forecasting model to establish the differences and similarities. The application of the models has been adjusted to the observations of claim proposal ent while the performance of ANN model is better used as a reduction of the root mean square error by the statistical model ARMA (1, 2) during periods where you know the real value of the observations. Also, see how the ANN reaches adequate performance in a very short time, just a second. We conclude from experience in this work that series to fit ARMA models, it is appropriate to use simple neural network models with two layers of networks, one output and one input, as the use of multilayer models not brought good results in our work. In the time series as presented in this study, where the trend was characteristic behavior, the use of a model RNA with forward propagation possible to achieve good results in terms of forecast accuracy.

Keywords: forecasting models, artificial neural networks, TIME SERIES.

Introducción

Es muy común encontrar en la literatura el uso de técnicas estadísticas en la labor de realización de pronósticos, pues a lo largo del tiempo, éstas, con el avance de las tecnologías informáticas, se han venido desarrollando y aplicando con resultados muy satisfactorios. En este sentido, se hace necesario en la actualidad no solo estudiar las técnicas estadísticas usadas para propósitos de pronóstico, sino que también es relevante manejar algún software estadístico que permita obtener de los datos reales el mayor provecho posible. En consecuencia y para este trabajo se usa a “R” como software estadístico, aprovechando que además de ser una herramienta muy poderosa para procesos de predicción, es un software de distribución gratuita. Adicionalmente, se hace uso de Microsoft Excel como herramienta para cálculos y organización de datos y también se emplea a statgraphics aprovechando su capacidad estadística para el análisis de datos y la elaboración de pronósticos.

Podría entonces pensarse que las técnicas estadísticas para pronosticar han alcanzado un gran nivel de desarrollo al ser apoyadas por la computación tradicional. Esto ha sido un motivante para que investigadores emprendedores comiencen estudios sobre otras técnicas para pronosticar, que no se basan en el uso de la computación tradicional sino que según Hilera y Martínez (2000), intentan establecer un nuevo campo de las ciencias de la computación que trata de integrar métodos que tienen su origen en la emulación del comportamiento de los sistemas biológicos, por lo cual no pueden ser descritos fácilmente mediante un enfoque algorítmico convencional.

Según Hilera y Martínez (2000), esta nueva forma de computación es capaz de manejar las imprecisiones e incertidumbres que se presentan cuando se trata de resolver problemas del mundo real, como por ejemplo, el reconocimiento de formas, patrones, la toma de decisiones, entre otros, ofreciendo para estos problemas soluciones con buenos argumentos y de fácil implementación. En torno a esta nueva forma de computación, los autores sostienen que se dispone de un conjunto de metodologías tales como la lógica borrosa, las redes neuronales, el razonamiento aproximado, los algoritmos genéticos, la teoría del caos y la teoría del aprendizaje, las cuales se están desarrollando de manera individual y combinada con el fin de consolidar este nuevo campo de las ciencias de la computación y en consecuencia traer progreso al desarrollo de las nuevas tecnologías para el procesamiento de la información, como el desarrollo de pronósticos más confiables. En este sentido y particularmente en este trabajo, se

muestra una aplicación de la metodología de redes neuronales artificiales que tiene como propósito realizar el pronóstico de la serie de tiempo: “demanda de implantes interespinosos” el cual será comparado de forma descriptiva con una metodología de pronóstico tradicional para una serie estacionaria.

Con base a lo anterior, el contenido de este artículo se organiza así:

Primero: se presenta la toma de datos, que básicamente trata de conseguir la mayor cantidad de observaciones históricas sobre el comportamiento de la demanda para el producto analizado, posteriormente se grafica la serie de tiempo y se hace un análisis estadístico preliminar de la serie, que indique qué comportamiento presenta, y que argumente qué modelo estadístico de pronóstico se ajusta mejor a dicha serie. Luego, se desarrolla el modelo estadístico para predecir el comportamiento futuro de esa serie temporal y se realiza su correspondiente validación.

Una vez se termine la predicción con el modelo estadístico, se elige el modelo de red neuronal que se utilizará para pronosticar esta demanda y se continuará con el desarrollo analítico que el modelo propuesto requiera para tal fin. Con esto se procederá a la parte final donde se discute la pertinencia, comportamiento, ventajas y generalidades respecto al uso de estos dos modelos.

Métodos y resultados

Toma de datos

Para la recolección de los datos históricos sobre la demanda de implantes interespinosos, se ha solicitado a la empresa el envío con toda la información de órdenes de compra desde que iniciaron operaciones. Con esta información se empieza a hacer un proceso de filtrado de datos y se obtiene la información buscada que indica las ventas del implante interespinoso en los hospitales públicos de la ciudad. Esta información es la que se muestra en la tabla 1.

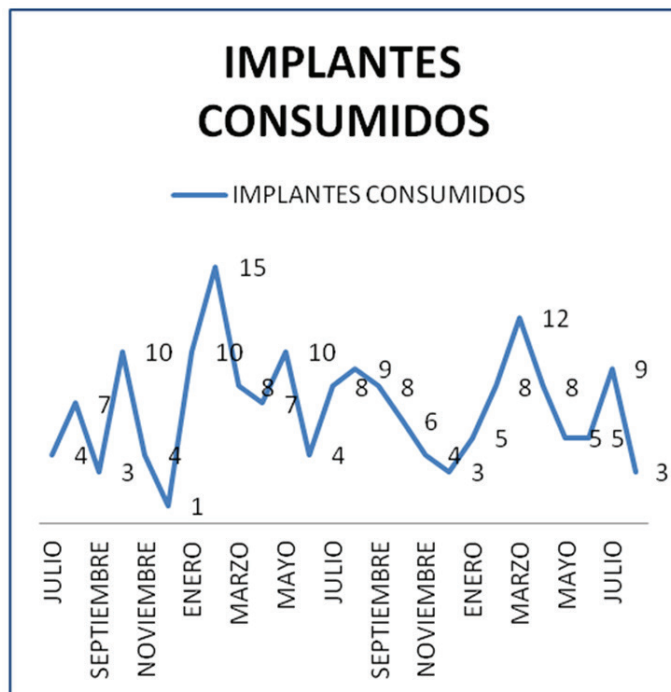
Tabla 1. Toma de datos

AÑO	MES	IMPLANTES CONSUMIDOS
2008	JULIO	4
	AGOSTO	7
	SEPTIEMBRE	3
	OCTUBRE	10
	NOVIEMBRE	4
	DICIEMBRE	1
2009	ENERO	10
	FEBRERO	15
	MARZO	8
	ABRIL	7
	MAYO	10
	JUNIO	4
	JULIO	8
	AGOSTO	9
	SEPTIEMBRE	8
	OCTUBRE	6
	NOVIEMBRE	4
	DICIEMBRE	3
2010	ENERO	5
	FEBRERO	8
	MARZO	12
	ABRIL	8
	MAYO	5
	JUNIO	5
	JULIO	9
	AGOSTO	3

Fuente: Elaboración propia

Con los datos ordenados como se muestra en la Tabla 1 se construye la serie de tiempo usando la ayuda de Microsoft Excel y se obtiene la gráfica indicada en la figura 1.

Figura 1. Serie de tiempo (Demanda de implantes interespinosos)



Fuente: Elaboración propia

Al parecer y según la información de series de tiempo que se encuentra en la revisión de la literatura realizada por Narváez, J., Fernández, J.D. y Valencia, M. (2010). Esta serie muestra tener un comportamiento estacionario debido a que no se observa una tendencia significativa hacia la alza o hacia la baja en el comportamiento de los datos. Pues debido a que ésta es solamente una sospecha, para asegurar su veracidad, se determina el coeficiente de autocorrelación usando la ecuación (14) explicada en la revisión de la literatura.

Para este propósito se usa la ayuda de Microsoft Excel como herramienta de cálculo. Con ésta, se construye la tabla 2 donde se hacen las operaciones que nos permiten obtener los valores para remplazar en la fórmula (14), y determinar el coeficiente de autocorrelación así:

Tabla 2. Cálculos para obtener coeficiente de autocorrelación

mes	t	y_t	y_{t-1}	$y_t - \bar{y}$	$y_{t-1} - \bar{y}$	$(y_t - \bar{y})^2$	$(y_t - \bar{y})(y_{t-1} - \bar{y})$
JULIO	1	4	-	-2,7692308	-	7,668639053	-
AGOSTO	2	7	4	0,23076923	-2,76923077	0,053254438	-0,639053254
SEPTIEMBRE	3	3	7	-3,7692308	0,230769231	14,20710059	-0,869822485
OCTUBRE	4	10	3	3,23076923	-3,76923077	10,43786982	-12,17751479
NOVIEMBRE	5	4	10	-2,7692308	3,230769231	7,668639053	-8,946745562
DICIEMBRE	6	1	4	-5,7692308	-2,76923077	33,28402367	15,97633136
ENERO	7	10	1	3,23076923	-5,76923077	10,43786982	-18,63905325
FEBRERO	8	15	10	8,23076923	3,230769231	67,74556213	26,59171598
MARZO	9	8	15	1,23076923	8,230769231	1,514792899	10,13017751
ABRIL	10	7	8	0,23076923	1,230769231	0,053254438	0,284023669
MAYO	11	10	7	3,23076923	0,230769231	10,43786982	0,74556213
JUNIO	12	4	10	-2,7692308	3,230769231	7,668639053	-8,946745562
JULIO	13	8	4	1,23076923	-2,76923077	1,514792899	-3,408284024
AGOSTO	14	9	8	2,23076923	1,230769231	4,976331361	2,74556213
SEPTIEMBRE	15	8	9	1,23076923	2,230769231	1,514792899	2,74556213
OCTUBRE	16	6	8	-0,7692308	1,230769231	0,591715976	-0,946745562
NOVIEMBRE	17	4	6	-2,7692308	-0,76923077	7,668639053	2,130177515
DICIEMBRE	18	3	4	-3,7692308	-2,76923077	14,20710059	10,43786982
ENERO	19	5	3	-1,7692308	-3,76923077	3,130177515	6,668639053
FEBRERO	20	8	5	1,23076923	-1,76923077	1,514792899	-2,177514793
MARZO	21	12	8	5,23076923	1,230769231	27,36094675	6,437869822
ABRIL	22	8	12	1,23076923	5,230769231	1,514792899	6,437869822
MAYO	23	5	8	-1,7692308	1,230769231	3,130177515	-2,177514793
JUNIO	24	5	5	-1,7692308	-1,76923077	3,130177515	3,130177515
JULIO	25	9	5	2,23076923	-1,76923077	4,976331361	-3,946745562
AGOSTO	26	3	9	-3,7692308	2,230769231	14,20710059	-8,408284024
	Total	176		0		260,6153846	23,17751479
	prom	6,8					

Fuente: Elaboración propia

Con $k=1$ porque se decide retrasar la serie un periodo, $r_1 = \frac{23.18}{260.6} = 0.08$
 $r_1 = \frac{23.18}{260.6} = 0.08$. Este resultado confirma la sospecha que se tenía desde el principio, pues el coeficiente de autocorrelación cayó a cero en el primer retraso, por lo tanto se confirma que la serie presenta un comportamiento estacionario.

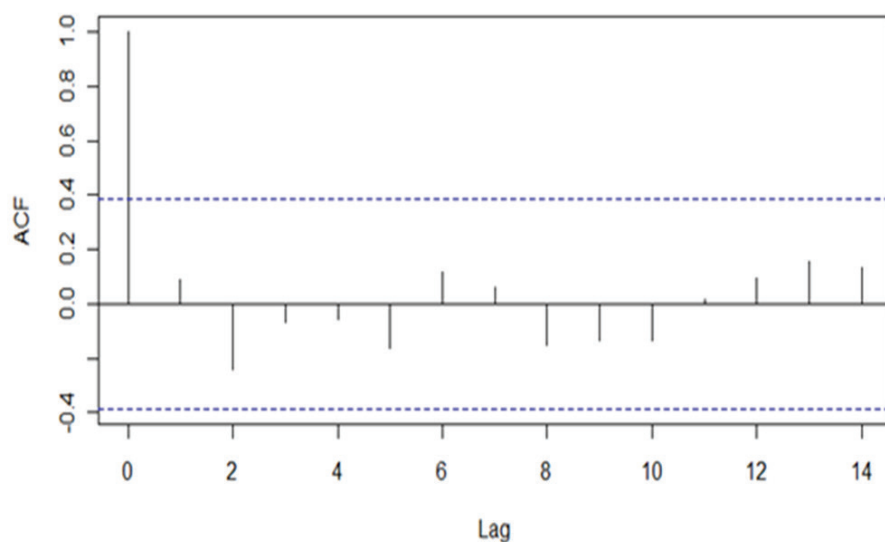
Análisis estadístico de los datos

Es importante comunicar que en esta sección se hace uso del software estadístico “R”, el cual se consiguió fácil y gratuitamente desde su portal en internet, también se usan Microsoft Excel, y Stagraphics.

Se comienza construyendo la función de autocorrelación y autocorrelación parcial.

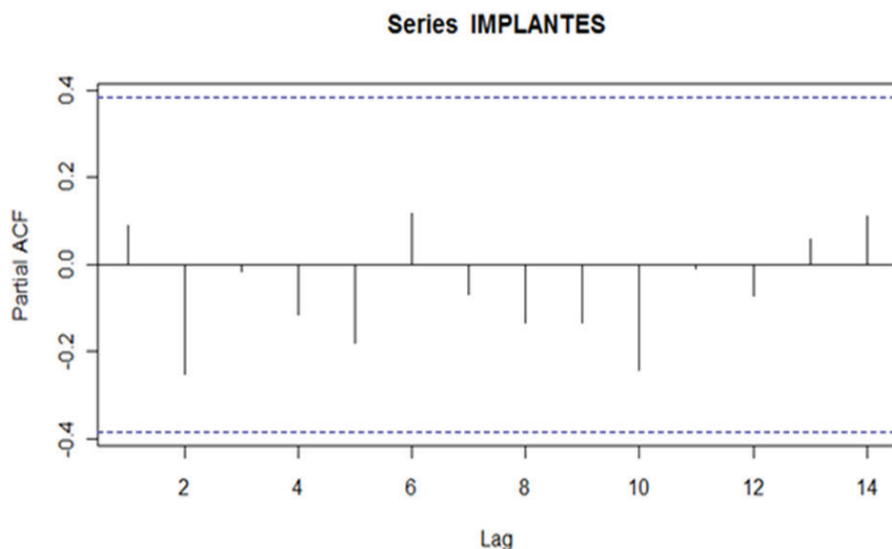
Resultados del software “R”:

Figura 2. Función de Autocorrelación



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Función de Autocorrelación parcial



Fuente: Elaboración propia

La figura 2, donde se ilustra a la función de autocorrelación, confirma aún más que los datos presentan un comportamiento estacionario, pues se nota con claridad que la función se corta rápidamente y además los valores del coeficiente de correlación se encuentran dentro de las bandas que indican corrección baja.

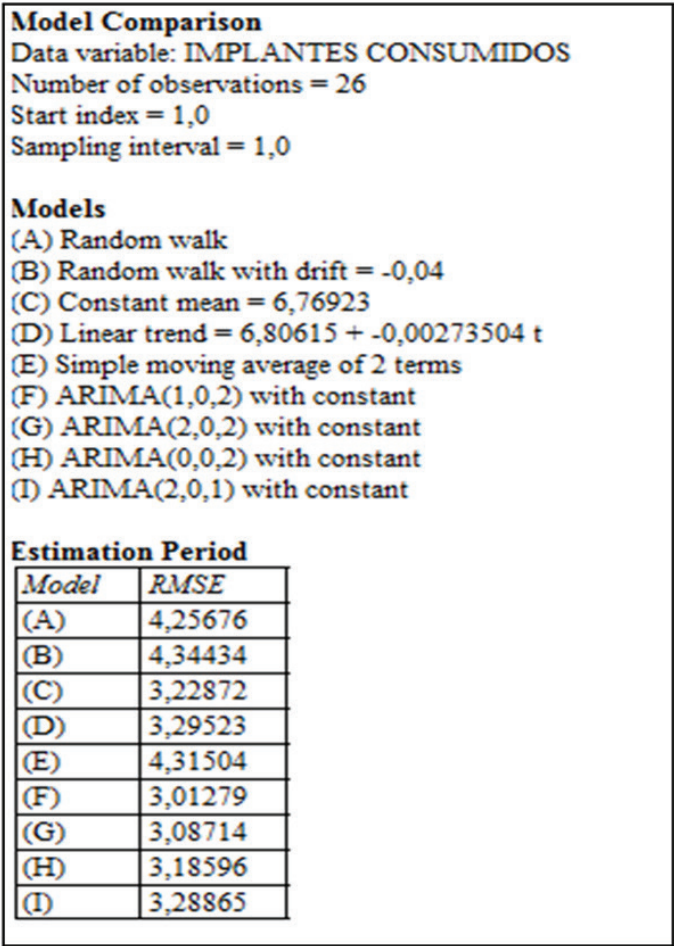
Al parecer se podría pensar que la función de autocorrelación se corta después del primer atraso, mientras que la función de autocorrelación parcial decrece en forma mixta combinando un decrecimiento exponencial con oscilación y uno en forma de seno amortiguada, con lo cual se estaría indicando que un modelo de promedio móvil de orden 1, MA (1), sería adecuado para predecir la serie. O de manera más arriesgada se podría pensar que la PACF se corta después del primer retraso al igual que la ACF, lo cual no sería un indicador claro para decidir qué modelo se ajusta mejor. O de otra forma, al observar las gráficas se podría argumentar que ambas funciones decrecen de forma mixta, indicándonos con esto que el modelo que mejor se ajusta es un ARMA (1,1), sin poder asegurar el orden de tal modelo con exactitud.

Entonces lo que tenemos al final es una confusión, pues aparentemente las gráficas no permiten visualizar de forma clara qué modelo de pronóstico se ajusta

satisfactoriamente para la serie que se está trabajando. En este sentido se recurre al software statgraphics, pues él permite ingresar los valores de la serie temporal y estimar de un conjunto de modelos cuál es el que mejor se ajusta a los datos bajo el criterio de que aquel que menor raíz de error cuadrático medio produzca será el modelo apropiado para predecir la demanda.

Los Resultados de Statgraphics se muestran en la figura 4.

Figura 4. Resultados de statgraphics



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se muestra un resumen que indica el error cuadrático medio obtenido con diferentes modelos de pronóstico para la serie “implantes consumidos”, en consecuencia se observa que el modelo con el que se obtiene un mínimo error cuadrático medio es un ARMA (1,2).

El software muestra el modelo como un ARIMA (1, 0,2), pues el término “0” en el medio indica que la parte diferenciadora es nula, es decir, que el modelo se reduce a un ARMA (1,2) como se mencionó antes, en consecuencia éste será el modelo que se empleará para realizar el pronóstico.

De este modo se confirma una de las sospechas que se obtuvieron al analizar las funciones de auto correlación y auto correlación parcial, determinando que usar un modelo ARMA es quizás la mejor opción para realizar la predicción del comportamiento de la serie temporal analizada.

Desarrollo del modelo estadístico

En esta parte se usa el mismo software que nos permitió estimar qué modelo se ajusta mejor a las observaciones de nuestra serie temporal. Pero ahora se le ordena que con el modelo recomendado pronostique cómo se comportará la serie de tiempo para los próximos 10 periodos, los resultados son los que se muestran a continuación en la figura 5, en la cual se presentan los valores pronosticados para las observaciones disponibles, y por ende sus respectivos residuales o errores. Seguida se encuentra la figura 5 donde se encuentran las predicciones para los diez periodos futuros.

Figura 5. Pronóstico de la serie temporal “implantes consumidos”, para los tiempos en que se tiene información de demanda disponible

Forecast Table for IMPLANTES CONSUMIDOS
Model: ARIMA(1,0,2) with constant

Period	Data	Forecast	Residual
1,0	4,0	5,66362	-1,66362
2,0	7,0	6,14135	0,858647
3,0	3,0	7,34999	-4,34999
4,0	10,0	6,66235	3,33765
5,0	4,0	8,95926	-4,95926
6,0	1,0	6,26577	-5,26577
7,0	10,0	8,93064	1,06936
8,0	15,0	10,5279	4,47206
9,0	8,0	8,3047	-0,304705
10,0	7,0	5,44668	1,55332
11,0	10,0	6,34432	3,65568
12,0	4,0	5,92668	-1,92668
13,0	8,0	4,60997	3,39003
14,0	9,0	6,73453	2,26547
15,0	8,0	5,2109	2,7891
16,0	6,0	4,99018	1,00982
17,0	4,0	4,59722	-0,597217
18,0	3,0	5,24063	-2,24063
19,0	5,0	6,32743	-1,32743
20,0	8,0	7,69443	0,305571
21,0	12,0	7,96926	4,03074
22,0	8,0	7,36731	0,63269
23,0	5,0	5,19768	-0,197682
24,0	5,0	5,73584	-0,735842
25,0	9,0	6,40662	2,59338
26,0	3,0	7,0581	-4,0581

Fuente: Elaboración propia

A continuación en la figura 6, se muestran los valores pronosticados para diez periodos futuros, acompañados de sus respectivos intervalos de confianza.

Figura 6. Pronostico de diez periodos futuros para la serie de tiempo “implantes consumidos”

		<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
<i>Period</i>	<i>Forecast</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
27,0	5,67299	-0,642137	11,9881
28,0	8,26537	1,9496	14,5811
29,0	7,60912	0,604293	14,6139
30,0	7,27491	0,102173	14,4476
31,0	7,10471	-0,110943	14,3204
32,0	7,01802	-0,208711	14,2448
33,0	6,97388	-0,255728	14,2035
34,0	6,9514	-0,278955	14,1818
35,0	6,93995	-0,290597	14,1705
36,0	6,93412	-0,296478	14,1647

Fuente: Elaboración propia

Los límites superior e inferior que arroja el statgraphics, son los límites de predicción para las observaciones pronosticadas, y en este caso están indicando que si el valor predicho se encuentra entre los límites establecidos, entonces el pronóstico que se realizó tiene un 95% de confianza, señalando que entonces el modelo que se usó para pronosticar fue el adecuado. Sin embargo y como se mencionó en la parte 1 del trabajo, existen algunas pruebas para determinar si el modelo con el cual se realizó el pronóstico es realmente adecuado, estas se realizarán en el siguiente aparte, pues en conjunto éstas se determinan como la validación del modelo.

Validación del modelo

Para determinar si el modelo usado es válido y se encuentra dentro de los parámetros que lo determinan como un modelo apropiado para la serie temporal, a continuación se realizan las pruebas de validación que se estudiaron en la revisión literaria del trabajo.

Prueba de Jarque Bera. Usando los residuales de la fig. 5 obtenidos con statgraphics, ahora se usa “R” para desarrollar la prueba de Jarque Bera con el fin de comprobar si aquellos residuales presentan una distribución normal, los resultados de la prueba se muestran en la figura 7.

Figura 7. Prueba de Jarque Bera usando “R”.

```

Jarque Bera Test

data: Residual
X-squared = 1.2434, df = 2, p-value = 0.537

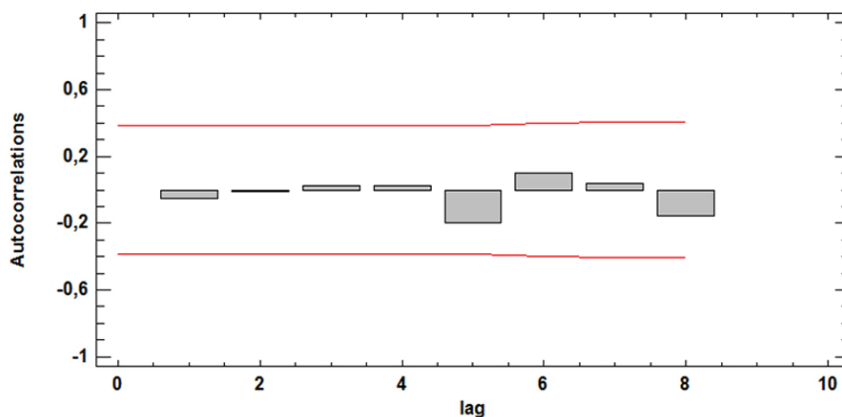
```

Fuente: Elaboración propia

El haber obtenido un valor pp mayor que un nivel de significancia del cinco por ciento ($\alpha = 5\%$), en la prueba de Jarque Bera esta asegurando que los residuales del modelo usado tienen un comportamiento normal, o se distribuyen de forma normal.

Correlograma de residuales: Usando la ayuda de Statgraphics el correlograma de residuales se presenta a continuación en la figura 8.

Figura 8. Correlograma de residuales después de usar como modelo de pronóstico un ARMA (1,2) sobre la serie temporal “implantes consumidos”



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 8, todas las auto correlaciones están dentro de los límites $\pm 2/\sqrt{n} \pm 2/\sqrt{n}$ con $n = 26$, con lo cual se estaría asegurando que las auto correlaciones no son significativas y que por lo tanto el modelo usado para realizar el pronóstico es válido.

Prueba de Durbin Watson: Pues refiriéndonos a la primera parte del trabajo se encuentra que para esta prueba se debe calcular el estadístico $d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$, para lo cual se hace uso de Microsoft Excel obteniendo los resultados que se indican en la figura 9.

Figura 9. Cálculos en Excel para obtener el estadístico de Durbin Watson (d) (d)

Periodo (t).	e_t	$(e_t - e_{t-1})^2$	e_t^2
1	-1,66362		2,7676315
2	0,858647	6,361830819	0,73727467
3	-4,34999	27,1298994	18,922413
4	3,33765	59,09980877	11,1399075
5	-4,95926	68,83871555	24,5942597
6	-5,26577	0,09394838	27,7283337
7	1,06936	40,13387212	1,14353081
8	4,47206	11,57836729	19,9993206
9	-0,304705	22,81748387	0,09284514
10	1,55332	3,452256901	2,41280302
11	3,65568	4,41991757	13,3639963
12	-1,92668	31,16274317	3,71209582
13	3,39003	28,26740522	11,4923034
14	2,26547	1,264635194	5,13235432
15	2,7891	0,274188377	7,77907881
16	1,00982	3,165837318	1,01973643
17	-0,597217	2,582567919	0,35666815
18	-2,24063	2,700806289	5,0204228
19	-1,32743	0,83393424	1,7620704
20	0,305571	2,666692266	0,09337364
21	4,03074	13,87688408	16,2468649
22	0,63269	11,5467438	0,40029664
23	-0,197682	0,689517658	0,03907817
24	-0,735842	0,289616186	0,54146345
25	2,59338	11,08371913	6,72561982
26	-4,0581	44,24218619	16,4681756
suma		398,5735777	199,691918
$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = \frac{398,5735777}{199,6919184} = 1,99$			

Fuente: Elaboración propia

Con el valor del estadístico d , un tamaño de la muestra igual a 26 ($n=26$), un nivel de significancia del cinco por ciento ($\alpha = 5\%$), y con solo una variable independiente (el tiempo) en nuestra serie temporal. Haciendo referencia a la fig.(tabla) 13 en la primera parte del trabajo, se encuentra que los límites inferior y superior para comparar el estadístico d , son los siguientes; límite inferior (dL)=1.20 y límite superior (dU)= 1.45.

Con esta información se encuentra que el estadístico d es mayor que el límite superior dU , ($d > dU$) y que ($4-d > dU$). Por lo tanto se acepta la hipótesis de que los términos de error no están autocorrelacionados, convirtiendo a esta prueba en una afirmación más de que el modelo usado para realizar el pronóstico es válido.

Por otra parte y solo a manera de complemento se ha realizado la prueba de Durbin Watson para los residuales usando como software a “R”, donde se obtiene el siguiente resultado:

Figura 10. Prueba de Durbin Watson usando “R”.

```
> durbinWatsonTest(mod,max.lag=1)
lag Autocorrelation D-W Statistic p-value
1 -0.07533701 2.028158 0.87
Alternative hypothesis: rho != 0
```

Fuente: Elaboración propia.

Al observar el estadístico $d=2.02$ arrojado por este software notamos que es muy similar al que se obtuvo realizando cálculos en Excel, por lo cual se confirman las conclusiones mencionadas unas líneas atrás.

Prueba de Ljungbox: Con la ayuda de “R” se realiza la prueba de Ljungbox para los residuales del pronóstico y se obtienen los resultados indicados en la figura 11.

Figura 11. Prueba Ljungbox

```
Box-Ljung test

data: Residual
X-squared = 0.0877, df = 1, p-value = 0.7671
```

Fuente: Elaboración propia.

En esta prueba con un valor $p=0.76$ mayor que $\alpha = 0.05$, se confirma que el modelo usado para realizar el pronóstico de la serie temporal analizada es válido y que se puede confiar en él, sin olvidar que al final de todo el proceso, es el analista quien debe decidir qué validez y confianza le otorga al modelo realizado, según su interés particular.

Desarrollo del modelo de red neuronal

Para el desarrollo de este modelo se hace uso del software matemático aplicado a las ingenierías “MATLAB”. Pues debido a la revisión de la literatura que se encuentra en Narváez, J., Fernández, J.D. y Valencia, M. (2010). El primer paso para construir este modelo es tener claro que para nuestra serie de tiempo la cual anteriormente se ajustó a un modelo ARIMA, podemos usar sin ningún problema una red neuronal de dos capas, con alimentación hacia adelante y así obtener buenos resultados en las predicciones.

Partiendo de la anterior afirmación, la metodología que se sigue para realizar este modelo consiste en probar la mayor parte de funciones de activación, de transferencia, y de salida, en las dos capas de neuronas, para así observar con qué combinación se tienen buenos resultados.

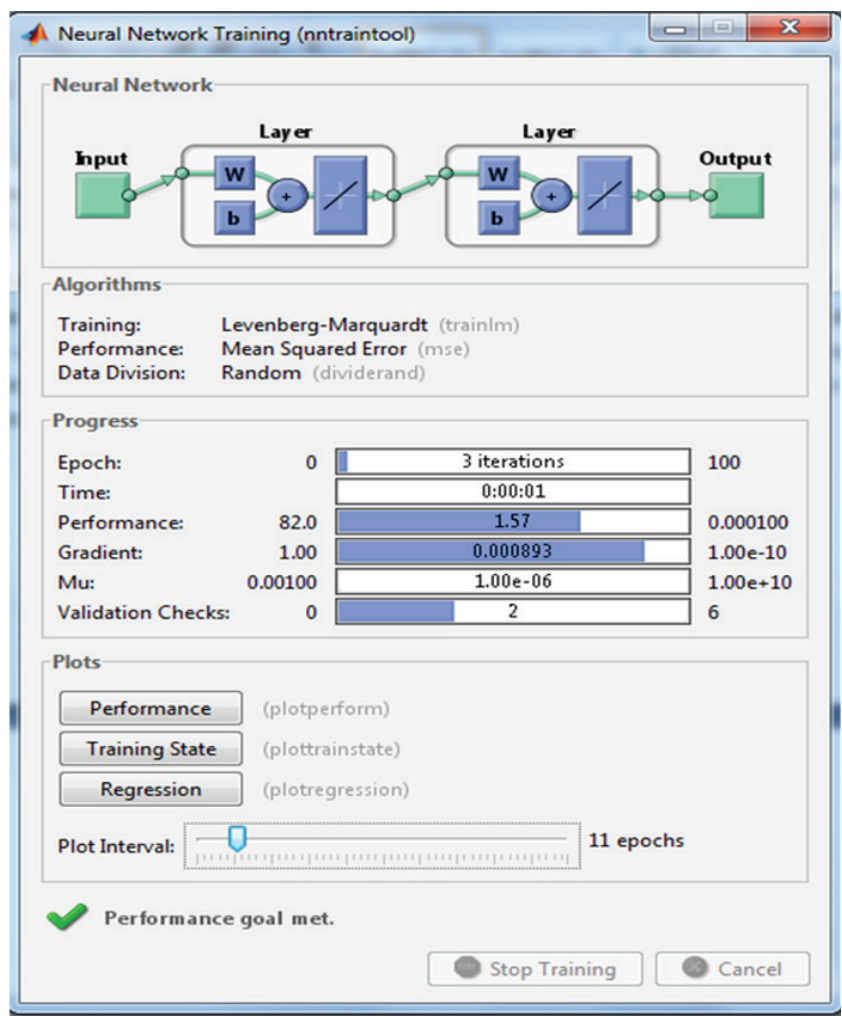
En este sentido, y después de probar distintas combinaciones, se construye un modelo que alcanza el desempeño deseado, el cual tiene las siguientes características.

Es un modelo con aprendizaje supervisado donde las entradas son las observaciones reales de la serie de tiempo, y el target son los pronósticos realizados por el modelo ARMA (1,2), en los periodos donde ya se conocían los valores reales de la demanda. El modelo consta de 10 neuronas en cada capa y los pesos sinápticos son los mismos en cada conexión, estos son constantes y no varían con el tiempo. Las funciones de activación, transferencia, y de salida son funciones lineales o funciones identidad, pues de acuerdo a las experiencias empíricas de este estudio son las que mejores resultados proporcionan a la serie de tiempo analizada.

El entrenamiento de la neurona se hace mediante un algoritmo de retro-propagación denominado Levenberg Marquardt, el cual se usa como algoritmo de entrenamiento por defecto en la herramienta de redes neuronales de MATLAB. El número de iteraciones para el entrenamiento es de 100 veces, pues según ensayos de prueba y error en este trabajo, el número se considera un número no muy grande como para que la red colapse ni tampoco muy pequeño para que no pueda alcanzar su máximo desempeño.

Con estos parámetros se procede a realizar el modelo de red neuronal mediante código secuencial con sintaxis para matlab, y se obtiene que el modelo alcanza su objetivo después en un tiempo de 1 segundo, esto pareciera un tiempo record. Pues para una mejor comprensión de los parámetros del modelo y de los resultados de su desempeño, a continuación en la figura 12 se muestran los resultados de la simulación en cuanto al procesamiento de la información, que arroja matlab.

Figura 12. Características del modelo de RNA, después de la simulación



Fuente: Elaboración propia, Matlab, 2010.

Nótese que en la información arrojada por la figura 12 no se indican los valores de las predicciones, pues estos salen al final de la simulación en la consola de trabajo de Matlab y se indican a continuación en mediante la tabla 3.

Tabla 3. Pronóstico de diez periodos futuros de la serie “demanda de implante interespinoso” con el modelo de red neuronal

PERIODO	PRONOSTICO MODELO RNA
27	4,8
28	7,9
29	3,0
30	6,2
31	2,8
32	0,4
33	9,4
34	10,5
35	7,1
36	3,9

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente el modelo nos arroja los pronósticos para los periodos donde ya se conoce el valor de las observaciones pero se simula desconocerlo, pues esto permite obtener la raíz del error cuadrático medio del modelo así como se indica en la tabla 4 realizada con la ayuda de Microsoft Excel.

Tabla 4. RECM del modelo de RNA

TARGET	PRONOSTICO RNA	e	ε^2
5,66	4,8358	-0,8242	0,67930564
6,14	7,8839	1,7439	3,04118721
7,34	2,97	-4,37	19,0969
6,66	6,19	-0,47	0,2209
8,95	2,8	-6,15	37,8225
6,26	0,36	-5,9	34,81
8,93	9,4	0,47	0,2209
10,52	10,54	0,02	0,0004
8,3	7,08	-1,22	1,4884
5,44	3,9	-1,54	2,3716
6,34	4,9	-1,44	2,0736
5,9	5,2	-0,7	0,49
4,6	5,67	1,07	1,1449
6,7	7,14	0,44	0,1936
5,2	5,39	0,19	0,0361
4,99	3,86	-1,13	1,2769
4,59	3,804	-0,786	0,617796
5,24	3,36	-1,88	3,5344
6,32	6,38	0,06	0,0036
7,69	8,37	0,68	0,4624
7,96	9,79	1,83	3,3489
7,36	6,78	-0,58	0,3364
5,2	5,6	0,4	0,16
5,7	2,4	-3,3	10,89
6,4	2,36	-4,04	16,3216
7	4,075	-2,925	8,555625
		SUMA	149,197914
		ECM	5,7383813
		RECM	2,39549187

Fuente: Elaboración propia

Se observa entonces que la raíz del error cuadrático medio del modelo de RNA es menor que la obtenida con el modelo ARMA (1,2). Esto aparentemente indicaría que el modelo de RNA tiene un mejor desempeño para la elaboración de pronósticos sobre la serie temporal analizada.

Con la información anterior se puede construir una tabla comparativa que indique las predicciones de ambas técnicas en los diez periodos futuros para la demanda del implante interespinoso como se indica en la Tabla 5.

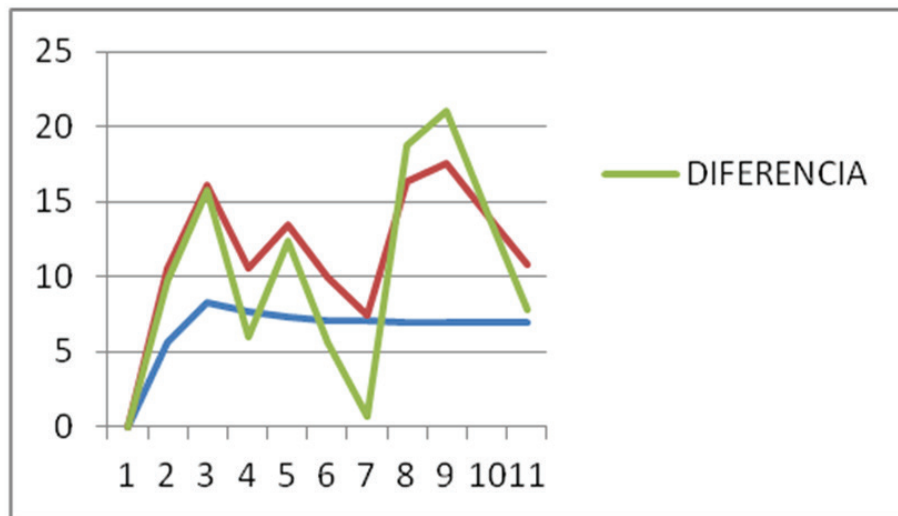
Tabla 5. Comparación de pronósticos estadísticos y de RNA

PERIODO	PRONOSTICO MODELOARMA(1,2)	PRONOSTICO MODELO RNA	DIFERENCIA
27	5,67	4,8	-0,8
28	8,27	7,9	-0,4
29	7,61	3,0	-4,6
30	7,27	6,2	-1,1
31	7,10	2,8	-4,3
32	7,02	0,4	-6,7
33	6,97	9,4	2,4
34	6,95	10,5	3,6
35	6,94	7,1	0,1
36	6,93	3,9	-3,0

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la diferencia entre los valores pronosticados por ambas técnicas, es en el 30% de los casos menor que la unidad. Esto indica que existen diferencias importantes entre los resultados de cada técnica, pues para observarlas mejor, se presenta a continuación la figura 13, donde se encuentran las gráficas de ambos resultados.

Figura 13. Grafica de las predicciones con el modelo estadístico y con el modelo de RNA



Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, los resultados con ambos modelos difieren notoriamente, aunque es importante rescatar que los resultados del modelo de RNA caen dentro de los intervalos de confianza del modelo ARIMA (1,2) mostrados en la figura 6 de este documento. Pues aun cuando ésta no es ninguna argumentación para considerar que el modelo RNA esté dando buenos resultados, es importante notar lo que ha ocurrido, pues al menos esto sí es un indicador de que el modelo de RNA no está en total desacuerdo con el modelo estadístico.

Se observa a través de las gráficas que los resultados presentados por el modelo estadístico presentan un comportamiento estacionario mucho más marcado que el que muestran los resultados del modelo con RNA. Esto podría a grandes rasgos ser un indicio de que el modelo de RNA presenta resultados más detallados quizás, pues aun cuando el comportamiento de estos resultados no parece tener tendencias significativas hacia la alza o hacia la baja, sí se indican picos pronunciados, lo cual no está ocurriendo con los resultados otorgados por el modelo de ARMA (1,2).

En este nivel podemos considerar revisar las consideraciones que se hacen en el siguiente aparte respecto al uso de estas dos técnicas para la elaboración de pronósticos.

Conclusiones

Entre las principales conclusiones del trabajo desarrollado se tienen las siguientes:

El desempeño del modelo de RNA usado es mejor en cuanto a una disminución de la raíz del error cuadrático medio presentada por el modelo estadístico ARMA (1,2). En los periodos donde se conocía el valor real de las observaciones.

El modelo de RNA alcanza un desempeño adecuado en un tiempo muy reducido, apenas un segundo.

Se puede considerar al modelo de RNA realizado en este trabajo como un modelo de pronóstico Híbrido, pues su naturaleza de aprendizaje supervisado se dio gracias a los pronósticos realizados por el modelo ARMA que minimizaron el error en la predicción del modelo estadístico. Por tanto el modelo de RNA usa un target u objetivo que se obtuvo desde un modelo estadístico ARMA (1,2), lo cual es razón suficiente para considerar al modelo como un Híbrido.

Se considera que el uso de RNA fue apropiado para la serie temporal analizada, pero que es una técnica muy poderosa que implica recursos informáticos intangibles elevados, como el conocimiento y manejo de técnicas computacionales avanzadas por parte del analista. Razón por la cual en este tipo de series con comportamiento estacionario y fácil de modelar mediante técnicas estadísticas, se considera que el uso de RNA no es conveniente, pues desde el punto de vista de aprovechamiento de recursos, se podría considerar que se está usando una herramienta muy poderosa para un problema que se puede resolver con técnicas tradicionales obteniendo resultados muy satisfactorios. Sin embargo, desde el punto de vista de precisión se considera que el uso de RNA sí es adecuado para el pronóstico de este tipo de series.

Se concluye por la experiencia en este trabajo que para series temporales que se ajustan a modelos ARMA, es adecuado usar modelos de red neuronal sencillos con dos capas de redes, una de salida y otra de entrada, pues el uso de modelos multicapa no trajo buenos resultados en nuestro trabajo.

En la serie de tiempo como la presentada en este estudio, donde el comportamiento no tendencial fue característico, el haber usado un modelo de RNA con

propagación hacia adelante permitió alcanzar resultados buenos en cuanto a la precisión del pronóstico.

La consideración del aprendizaje supervisado puede ser una técnica pertinente para la generación de modelos híbridos estadísticos y de RNA, pues en este trabajo funcionó muy bien. Y aunque no se podría determinar que la técnica es apropiada para todos los casos, se considera un campo de acción interesante para quien quiera profundizar estudios sobre la técnica propuesta.

Es importante usar la metodología de ensayo y error para encontrar un modelo de RNA adecuado para el problema que se esté trabajando, al igual que para parametrizar el modelo escogido, pues hay que tener en cuenta que una red muy entrenada puede colapsar y que una red muy poco entrenada puede arrojar resultados inapropiados.

El uso de funciones identidad como funciones de activación, de aprendizaje y de salida funcionó mejor que el uso de otras funciones en cuanto a la elaboración de proyecciones de nuestra serie temporal sin tendencia.

Aunque los resultados de los modelos parecen ser muy confiables, se recomienda hacer una validación de los mismos a través de una comparación directa con los valores reales de la demanda en los diez periodos pronosticados, pues en este trabajo no se ha realizado porque aún no se cuenta con dicha información que permita hacer las respectivas comparaciones y mediciones de error. Sin embargo se ofrece al lector la oportunidad de escribir al e-mail de cualquiera de los participantes del estudio, quien con mucho gusto ofrecerá esta información adicional en el momento que se cuente con ella.

Referencias

1. Hilera, J.R. y Martínez, V.J. (2000). Redes neuronales artificiales: fundamentos, modelos, y aplicaciones. México: Alfa-omega.

Las 7 emes del proceso productivo de una lavandería industrial

Carolina Parra Zapata

Universidad Pontificia Bolivariana
carito-2592@hotmail.com

Diana Rocío Roldán Medina

Universidad Pontificia Bolivariana.
diana.rolدان@upb.edu.co

Abstract

This research involved an analysis of the 7 M'S to be controlled in a production process (labor, raw materials, method of work, machines, Management, Measurement and Environment) in an industrial laundry.

As a result of the research was the development level of each of the m's and possible areas for improvement in the search for competitiveness.

Resumen

Esta investigación consistió en la realización de un análisis de las 7 EMES que se deben controlar en un proceso productivo (Mano de Obra, Materia Prima, Método de trabajo, Máquinas, Management, Medición y Medio ambiente) en una lavandería industrial.

Como resultado de la investigación se obtuvo el nivel de desarrollo de cada una de las emes y los posibles aspectos a mejorar en búsqueda de la competitividad.

Introducción

Este trabajo se realizó en el marco de la asignatura Introducción a la Ingeniería Industrial y su objetivo fue hacer un análisis detallado de las 7 M's del proceso productivo, el trabajo se desarrolló en una lavandería industrial.

El método utilizado para la consecución de la información fue la observación directa en las instalaciones de la empresa y se realizaron entrevistas a funcionarios de diferentes áreas de acuerdo a unas listas de chequeo elaboradas con anterioridad.

Después de recolectar la información se elaboró un diagnóstico del desempeño de la organización en cada una de las M's. Seguidamente se realizaron una serie de conclusiones y aspectos a mejorar.

Desarrollo del tema

Presentación de la empresa

La Compañía ABC es una empresa ubicada en Medellín, nació en la década de los 90 y está dedicada a los servicios para el sector de la confección, que se especializa principalmente en los procesos de transformación de prendas a base de índigo y algodón tales como jeans, camisetas y camisas.

Cuenta con una planta física de 4 niveles, con 90 empleados: 46 personas en planta de lavado y teñido, 36 en manualidades y la parte administrativa está conformada por diez personas.

La empresa cuenta aproximadamente con 120 clientes a quienes se prestan el servicio de procesado y teñido en prendas de vestir. Los clientes se encuentran distribuidos por toda el área metropolitana y algunos de ellos exportan sus productos a países como Costa Rica, Venezuela y Ecuador. Otros distribuyen a nivel nacional, y otros en la ciudad de Medellín, dirigidos principalmente al sector del “hueco” en el centro de la ciudad.

El proceso que se lleva a cabo en ABC consiste en los teñidos y acabados de las prendas en cuanto al color y textura, a través de procesos de lavado, centrifugado, vaporizado, y procesos de manualidades como bigotes, plastiflechas, arrugas motortool, perlita, lija, samblas, esponja y otros, para lo cual utilizan gran variedad de productos químicos.

Marco conceptual

Cuando se habla del proceso productivo se está refiriendo tanto a bienes como a servicios. Para asegurar que el producto final cumpla con las expectativas de los clientes y además proporcione elementos para construir una ventaja competitiva, se requiere el control de sus componentes a través de la optimización de los recursos y de disminución de los costos innecesarios.

Los componentes del proceso productivo son 7: Mano de Obra, Materia Prima, Maquinaria, Método de trabajo, Medición, Medio ambiente y Management; los cuales deben suministrar indicadores que permitan diagnosticar opciones de mejoramiento.

De acuerdo con *Proyecto Q*, “**Materia prima:** son los componentes con los cuales se va a realizar el producto o servicio.

Mano de obra: son los recursos humanos que intervendrán en el proceso productivo de que se trate.

Método: son los pasos establecidos para lograr el cometido del proceso, es decir las pautas de elaboración con las cuales se ha validado el proceso productivo.

Máquinas: son las máquinas, herramientas, dispositivos, etc, que intervienen en el proceso productivo.

Medio ambiente: es el entorno del proceso productivo, en el cual se tiene en consideración el orden, la limpieza, la iluminación, los niveles de ruido, etc.

Medición: son los indicadores que obtenemos del proceso, con el propósito de poder monitorearlo constantemente.

Management: es la coordinación de todos los elementos precedentes, con el propósito de poder obtener el producto ó servicio en forma eficiente, y logrando la satisfacción del cliente interno o externo.”

Instrumento aplicado

Para la recolección de la información se realizó una lista de preguntas relacionada con cada una de las Emes identificando el área o funcionario de la organización a la cual iba dirigida, seguidamente se realizaron entrevistas y visitas en la planta de producción.

Tabla 1: Lista de chequeo

Eme	Pregunta
Materia Prima	¿Cuáles son las materias primas de mayor consumo? ¿Cuál es la procedencia de la materia prima? ¿La empresa usa materia prima controlada? ¿Cómo se manejan los inventarios?
Mano de obra	¿Cuál es el sistema de contratación del personal? ¿Tiene la empresa definido el perfil de sus trabajadores? ¿Hay plan de capacitación? ¿Posee la empresa una escala salarial? ¿Cuáles son los sistemas de control y seguimiento? ¿Tiene la empresa sistemas de incentivos?
Método	¿Cuáles son los métodos de trabajo que emplea la empresa? Estos están documentados? ¿Cómo se hace seguimiento a dicho método?
Maquinaria	¿Cuál es el origen de la maquinaria? ¿Se cuenta con un plan de mantenimiento? ¿Se conoce la capacidad de producción de la maquinaria?
Medio Ambiente	¿Cuáles son los programas para garantizar un ambiente de trabajo saludable? ¿Se cumplen las normas legales establecidas para empresas industriales del sector textil?
Medición	¿Tiene la compañía un sistema de información? ¿Hay un sistema de medición de indicadores de gestión? ¿Se plantean planes de mejoramiento partiendo de los indicadores?
Manage-ment	¿Tiene la compañía definida y socializada la estructura organizacional? ¿A qué modelo se aproxima la estructura, piramidal (vertical), horizontal o matricial?

Fuente: Elaboración propia

Hallazgos de la aplicación de instrumentos

Materias primas

En general las materias primas utilizadas y los recursos necesarios en el proceso productivo son: Agua, carbón, energía eléctrica, colorantes, auxiliares textiles e insumos. Para la elaboración de dichos procesos se emplean básicamente productos químicos y las prendas de vestir ya confeccionadas, en crudo o APT (apto para teñir) y también se emplean otros tipos de materias primas como abrasivos (220, 360 y 400), silicona, módulos neumáticos, entre otros. Los productos químicos permiten la preparación de reactivos y soluciones que se emplean para procesar prendas como jeans y camisetas a base de índigo y algodón de toda clase. En general la descripción de la materia prima (productos químicos) empleada según las fichas técnicas de diferentes lavanderías industriales son las siguientes:

Tabla 2: Listado de materias primas para el área de Planta

Materia Prima	Procedencia
Metabisulfito de sodio	Alemania y China
Ácido acético glacial Gamaquest 650	
Gamafix CGW	
Gamadet GHA	
Soda cáustica 50%:	Estados Unidos
Silicato de sodio	
Hipoclorito de sodio	Nacional
Ácido acético glacial	Taiwán
Carbonato de sodio	
Permanganato de potasio	China
Disperbrowm polvo	
Recolzina SE	
Recolsuf	
Recolpur OFR	
Recolprint	
Recolfix – Recolzol	
Recolclean PC	
Megacion (varias referencias)	

Easy sofá RC escamas	China y Nacional
Celucyme PR 102	
Bioclor RC	
Arenalite RC	
Ácido oxálico	China
Spray color	
Acid recol RC	
Resiplast RC	
Request Garment	
Request CU-A	
Request 2UD	
Recolfix FF liquido	
Recol 1608	
Perlita icopor	
Full Fix RC	
Disperzyme recol 500% polvo	
Antipilling 44 LUNA	
Peróxido de hidrógeno	Venezuela y Brasil
Sulfuro de sodio	México
Piedra pómez	Ecuador
Carbón	Nacional de Amaga y Titiribí
Cloruro de sodio	Nacional de La Guajira

Tabla 3 Construcción propia. Para Manualidades

Silicona	
Abrasivos: 220, 360 y 400	
Permanganato de potasio	
Ácido acético	Taiwan
Marbalobe 1000 A	
Perlita icopor	
Perlita magic	
Tira de nylon	
Malla de emvaso	
Módulos neumáticos	

Fuente: Elaboración propia

La procedencia de las materias primas es variada, ya que algunas son importadas y otras nacionales, pero el proceso de importación no lo hace directamente ABC sino que lo hacen a través de los proveedores de la empresa que la importan y la distribuyen a todo el país. Dentro de los principales países de los cuales se importa la materia prima están: China, México, Estados Unidos, Venezuela, Brasil, Alemania y Ecuador. En la lista anterior se observa que no se conoce la procedencia de muchas de las materias primas empleadas.

De las principales materias primas que más se consumen en la empresa están: la piedra pómez, el permanganato de sodio y el carbonato de sodio de las cuales se mantiene siempre un inventario de seguridad, pero se hace pedido diario.

Algunas materias primas como el permanganato de sodio y el carbonato de sodio son productos químicos alucinógenos que son controlados por la oficina de estupeficientes desde Bogotá lo cual implica un control permanente de su consumo en libros.

En general el estado de la materia prima que se compra en ABC es bueno, y esto se debe básicamente a que existe una persona asignada para el cargo de compras de estos insumos, la cual controla su entrada, a través de la verificación del estado en que llegan y de la cantidad. El programa de sistemas que emplea esta persona se llama “Sistema de Control de Producción” con acceso a compras y productos, a través del cual controla inventarios.

Para proporcionar mayor calidad de las materias primas estas vienen en garrafas, bultos y cajas selladas, lo cual evita el contacto con los agentes contaminantes del medio y por ende, proporciona mayor seguridad y confiabilidad en su empleo, para así poder obtener procesos y teñidos de mayor calidad.

La cantidad de materia prima que se pide en la empresa a los proveedores diariamente, se hace de acuerdo a la producción que se tenga pendiente en la planta, ya que a través de ésta se calcula la cantidad de materia prima a utilizar con la formulación correspondiente del proceso requerido en cada lote de producción, pero la cantidad de estos lotes en la empresa, depende básicamente de la temporada del año en que se esté, la cual normalmente empieza a subir o a ser más fructífera en el lapso de tiempo entre septiembre y noviembre y por lo tanto la demanda de materia prima es muy alta en esta temporada. Obviamente se mantiene inventario de seguridad para cualquier tipo de emergencia como por ejemplo de desabastecimiento en el mercado.

Un factor muy importante en la materia prima de una empresa es la fecha de fabricación y vencimiento. En ABC existe una gran ventaja con esto ya que como

básicamente se emplean como materia prima productos químicos, estos poseen una fecha de vencimiento de larga duración, y además cuando se compran, la fecha de fabricación es muy nueva; pero de igual forma por lo general esta materia prima no dura más de 10-15 días almacenada en la empresa, incluso algunas se acaban de un día para otro, lo cual indica que la materia prima que se consume para la elaboración del proceso se encuentra en muy buenas condiciones.

Mano de obra:

El personal que labora en ABC es seleccionado, contratado y remunerado a través de una cooperativa (por razones de confiabilidad en la información será denominada como XXX), la cual tiene la responsabilidad de ejecutar todas las actividades contractuales relacionadas con los trabajadores. Esta cooperativa aplica diferentes tipos de contratos de acuerdo a las políticas suministradas por ABC, contratos a término fijo (al personal de planta) y a término indefinido (al personal administrativo). A las personas contratadas bajo estas modalidades se les paga todas las prestaciones y la seguridad social. Otro tipo de contrato es el prestación de servicios (al algunos funcionarios del área comercial).

XXX contrata para la planta el personal de acuerdo a la necesidad que le plantee ABC. La mayoría de los cargos no requieren de personal especializado o no se necesita ningún nivel de formación académica superior, sino una amplia experiencia laboral en el campo de desempeño. Sólo en algunos cargos se requiere personal con cierto nivel de formación superior como por ejemplo los supervisores de planta, los supervisores de manualidades, el personal de laboratorio, el ingeniero que controla la planta y algunos cargos administrativos. Al momento de buscar dicho personal la cooperativa prefiere personas del SENA, ya que este es un instituto muy bueno en la educación para el sector textil. Esto evidencia que hay claridad en los perfiles requeridos aunque no está documentado.

La cooperativa realiza capacitaciones constantemente a los trabajadores de acuerdo al cargo que desempeña cada uno, para estar actualizados de acuerdo a los cambios o avances que se vayan presentando en el sector de la industria textil y con el fin de mejorar y optimizar los procesos y teñidos que allí se elaboran sin descuidar o desacreditar la calidad en los mismos, y por ende beneficiar el desarrollo y la rentabilidad de la empresa. Además, también se capacita en manejo de riesgos, accidentalidad y reciclaje.

XXX además es la encargada de pagar quincenalmente la nomina de los trabajadores y la seguridad social: EPS, el fondo de pensiones, riesgos profesionales; parafiscales al SENA, ICBF y caja de compensación familiar.

La cooperativa determina los sueldos de acuerdo a los cargos y tiene estipulado un salario base para cada uno. Adicionalmente, se tiene en cuenta la experiencia, el nivel de formación y la habilidad que posee el empleado para desempeñarse, la cual se demuestra a medida que va ejerciendo su labor en la empresa. Esto demuestra que hay una escala salarial definida.

En la planta de producción existe un sistema de control de los horarios para los empleados de planta a través de un “reloj”, el cual cuenta con un mecanismo de lectura de la palma de la mano con un código que debe ser digitado por el operario. Y un sistema de sanciones de acuerdo a un manual de comportamiento, el cual es vigilado por los supervisores de planta. La empresa no cuenta con un sistema de indicadores de gestión de las personas pero el jefe inmediato presenta informes verbales para determinar la continuidad, el nivel salarial y el posible cambio de cargo.

ABC tiene un sistema de incentivos a través de bonificaciones las cuales se asignan de acuerdo informes de gestión por parte de la gerente administrativa y del jefe de planta.

Método

Es muy importante entre otras cosas tener un buen método de trabajo antes de poner en marcha cualquier proceso productivo, pues con éste se garantiza o se pronostica la obtención de un buen resultado en la productividad. En ABC el método de trabajo depende de la persona que maneja el área (manualidades, planta y administración). Cada jefe emplea un método de trabajo distinto y lo tratan de hacer de la mejor forma posible para obtener óptimos resultados, aunque en muchas ocasiones se presentan dificultades que afectan el bienestar y el logro de los objetivos, como por ejemplo ineficiencias, daños de prendas, daños en máquinas, falencias en el programa de sistemas, etc.; lo cual generalmente es causado por una inadecuada aplicación del método de trabajo en un determinado momento, y aunque cada método empleado es diferente en cada una de estas áreas, los tres son complementarios para la obtención de la buena productividad de los procesos y de la buena calidad de los productos, siendo este el fin al que se quiere llegar en la empresa. Estos métodos son un complemento porque cada proceso específico en cada área de trabajo va encadenado con el otro, y si en uno de los tres existen dificultades, se pueden presentar problemas a nivel empresarial.

En el *área de manualidades*, el jefe utiliza como principal herramienta la confianza en los trabajadores, obviamente sin permitir que abusen de ella. Los trata bien evitando presiones para que realicen bien sus labores, garantizando así una mejor calidad y rentabilidad para la empresa. Por otro lado, en cuanto a las operaciones

que se realizan se requiere cierta disposición, por eso ellos tienen un orden para la elaboración de las manualidades en las prendas con el fin de asegurar la uniformidad en el proceso, el cual está documentado en un manual de procesos. Por ejemplo, para realizar plastiflechas, esponjas y arrugas en una prenda se trabaja en el siguiente orden.

Plastiflechas
Lavado
Esponja
Lavado (Neutralizado)
Arrugas

Todo este orden depende de las manualidades que el cliente quiera que se le realice a las prendas.

El número de operarios y la ubicación de ellos en cada lugar de trabajo también están definidos y documentados. Así por ejemplo en cada motortool (proceso de desgate) solo puede haber cierto número de operarios realizando esta labor para poder distribuir el resto en otros lugares donde se requiera, lo cual depende básicamente del trabajo programado. Otro ejemplo sería en la parte de los teflonadores, a los cuales se les asigna cuatro máquinas por persona para que puedan aplicar esta manualidad a un número mayor de prendas en menor tiempo.

En el *área de la planta*, el jefe programa las operaciones en un orden específico de acuerdo a la ubicación de las diferentes máquinas que están distribuidas en la planta y que se requieren para el lavado. Al distribuir a los operarios en las máquinas se tiene en cuenta las capacidades y habilidades de cada uno de ellos, esto se hace con el fin de sacar un mayor número de prendas en menos tiempo. En esta área se tienen estandarizados y documentados los procesos.

En el *área administrativa* el método de trabajo que se emplea es el acompañamiento por parte de la encargada para verificar que todo se realice adecuadamente, ya que todas funciones y actividades están normalizadas.

La correcta aplicación de los estándares documentados de los diferentes métodos en cada área específica ha contribuido al buen desempeño de la empresa. El trabajo interdisciplinario y la permanente comunicación entre jefes acerca de las diversas dificultades que se van presentando ayudan a encontrar alternativas de solución y a tomar decisiones estratégicas para lograr los resultados empresariales esperados.

A nivel de los operarios no hay organizados espacios de discusión para la evaluación de los procesos y el mejoramiento continuo de los mismos, esta responsabilidad la asume siempre el jefe del área.

No se tienen formatos para la consignación de las fallas en el proceso, aunque si se detectan son rápidamente solucionadas por el jefe inmediato.

Maquinaria

La maquinaria está distribuida por toda la planta. Algunas maquinas ellas son importadas de los Estados Unidos y otras son nacionales, como por ejemplo las tómbolas, ya que éstas son máquinas muy sencillas a base de madera y polímeros cuyo proceso de fabricación no es tan complicado.

Las máquinas que se emplean básicamente allí son las que se utilizan normalmente en una lavandería industrial como tal y son las siguientes:

Listado de máquinas

Tabla 2 construcción propia

Nombre de la máquina	Nº	Función	Ubicación
Lavadora	20	Lavar las prendas	Planta
Centrífugas	4	Escurrir las prendas luego del lavado	Planta
Secadoras	12	Secar las prendas luego de ser escurridas	Planta
Topper	3	Planchar los pantalones a través de vapor instantáneo que emiten al ser activados	Planta
Tómbolas	2	Moler la piedra pómez para la realización del envejecido	Despa-cho de mercan-cía
Caldera	1	Generar vapor y el agua para las maquinas	Planta
Teflona-doras	8	Realizar manualidades (arrugas)	Manua-lidades
Horno de curado	1	Elaborar proceso de pigmentos, resinas, etc.	Manua-lidades
Motortool Neumático	6	Elaborar proceso de perlita	Manua-lidades

A estas maquinarias se les realiza en la planta su respectivo mantenimiento cada dos o tres días, ya sea para engrasarlas, limpiarlas, etc., y también se hace mantenimiento correctivo cuando ocurre algún daño en alguna de ellas.

Los planes de mantenimiento se hacen con el fin de evitar contratiempos y suspensiones en el proceso. Sin embargo algunas veces suceden casos en los que se tiene que suspender el proceso que se esté realizando por motivos de daño o des-configuración de alguna máquina.

Las máquinas poseen diferente capacidad de producción de prendas. Por ejemplo las lavadoras vienen de distintas capacidades (150kg, 100kg, 60kg, 30kg, 15kg y 3kg,) para soportar el peso de acuerdo a la cantidad de prendas que se depositen allí y un segundo ejemplo es el de los motortool que solo tienen capacidad para la ubicación de un jeans.

Es importante resaltar que todas las máquinas lavadoras ya tienen un tiempo estandarizado de producción.

Medio Ambiente

En esta eme se estudian las condiciones laborales como el orden, la limpieza, la iluminación y los niveles de ruido.

Las condiciones laborales en empresas de este tipo son muy difíciles de controlar; básicamente en las plantas de producción por la alta emisión de ruidos, el calor, olores de químicos y las características de los procesos.

La cooperativa XXX es la responsable de velar por la seguridad industrial de los trabajadores de la empresa. A este respecto se observó una muy buena gestión, hay demarcación de espacios, extintores ubicados de acuerdo a las normas con su respectivo mantenimiento, sistema de evacuación, control interno de ruidos. Se verifica permanentemente el buen uso de los implementos de seguridad, estos elementos los utilizan básicamente los trabajadores que laboren en la planta directamente o en el área de manualidades.

Como parte de la seguridad de los trabajadores la empresa cuenta con el servicio de un sistema satelital en los vehículos de transporte de mercancías (recolección y entrega de producción), con el fin de evitar los robos y asegurar el bienestar de los conductores y acompañantes.

Una buena gestión en el tema de seguridad industrial contribuye a generar buenos resultados en el proceso productivo y rentabilidad de la empresa, ya que los empleados trabajan más cómodos y con más ganas debido a que poseen un ambiente de trabajo agradable.

Para empresas del sector textil hay varias normas de estricto cumplimiento relacionadas con el almacenamiento y tratamiento de materias primas, tratamiento de aguas contaminadas con químicos, manejo de residuos sólidos, emisión de gases y otros. A continuación se describirán algunos de los procedimientos utilizados en esta empresa al respecto:

En la caldera de la empresa se hacen periódicamente pruebas para controlar la emisión de gases contaminantes a la atmósfera y para ello se realizan unos tratamientos previos a los gases contaminantes con el fin de que éstos puedan salir puros y sin el hollín que produce el carbón.

El agua queda contaminada luego de ser empleada en el proceso de lavado debido a los químicos que tiene la prenda y es por eso que dicha agua es purificada a través de tratamientos químicos para devolverla al acueducto, aunque se está pensando reutilizarla en un futuro.

En lo posible se trata de utilizar productos químicos no tóxicos para todos los procesos.

En lo relacionado con el manejo de las basuras se tiene un programa de reciclaje a través de la clasificación de las basuras de toda la empresa las cuales pueden ser orgánicas, no reciclables y reciclables. Éstas están distribuidas en canecas de distintos colores y cada color indica qué clase basura se debe depositar en cada una; se realizaron capacitaciones a los empleados para crear cultura con respecto al manejo de basuras y esto conlleva al mismo tiempo a crear un ambiente sano de trabajo, sin contaminación para que puedan desempeñar mejor sus labores en la empresa.

Los residuos peligrosos que quedan de los químicos después de ser empleados, son depositados en un lugar específico y aislado en la empresa ya que éstos residuos, por ser contaminantes para el medio ambiente, no se pueden desechar de cualquier manera o exponerlos al ambiente tan espontáneamente, sino que son recogidos por Ecoeficiencia, la cual le hace un procesamiento de tal manera que cuando se vaya a desechar no perjudique ni contamine el medio ambiente. Algunos residuos peligrosos son: los de la perlita, la ceniza de escoria, las lámparas de neón, las estopas contaminadas, las tintas de impresora, las latas de pintura, los materiales con grasa como químicos y aceites y las baterías.

Medición

Como se ha presentado en este artículo la empresa ABC no tiene un sistema de medición de la gestión documentado ni en los procesos productivos ni en la parte administrativa.

La empresa tiene un sistema de información llamado “Sistema de Control de Producción” que se mantiene actualizado en lo relacionado a programación de producción y materias primas que ingresan, consumo de materias primas, compras, despachos, facturación y cartera.

Medición de la calidad: En la planta de producción hay actividades de revisión de las prendas en las cuales se identifican fallas del proceso, lo cual implica un proceso adicional (maquillaje) que genera costos de reproceso, los cuales no están cuantificados.

Medición de satisfacción del cliente: cuando un cliente queda insatisfecho con un producto porque no cumple con las especificaciones de la muestra aprobada, la empresa ABC asume los costos de reprocesos y trata en lo posible de generar la satisfacción esperada. Los reclamos de los clientes quedan registrados en el sistema, pero no hay un indicador de satisfacción de los clientes.

Medición de productividad: aunque los procesos están estandarizados y hay permanente seguimiento al cumplimiento de los estándares y a los tiempos de entrega y permanencia de los productos en la planta, no se tiene registros de este seguimiento. Pero sí se tienen registros de la producción periódica.

Medición de los resultados financieros: La empresa ABC cuenta con el apoyo externo de un contador que se hace responsable de suministrar toda la información contable y financiera de la empresa mensualmente al gerente general.

Management

ABC no tiene un organigrama definido, es decir, que no tiene explícita y documentada la estructura organizacional, pero como producto de este trabajo se podría describir de manera aproximada.

Básicamente, el gerente general es el que ocupa el cargo y mando más alto. El siguiente nivel de mando lo conforman la gerente administrativa y el jefe de planta, quienes a su vez tienen un equipo de trabajo.

La gerente administrativa tiene bajo su dirección: 4 vendedores, 1 Auditora, 1 Secretaria, 1 Auxiliar y 1 Recepcionista, quienes están al mismo nivel administrativo.

El jefe de planta cuenta con el apoyo del jefe de manualidades, el jefe de compras y de mantenimiento, 2 despachadores de mercancías, 1 programadora de producción y los operarios de planta.

La gerencia de ABC está bajo la responsabilidad de la gerente administrativa la cual planea y coordina el funcionamiento adecuado de la empresa. Para ello cuenta con el apoyo del equipo interdisciplinario conformado por los jefes de planta y manualidades, pues de acuerdo al funcionamiento de estas áreas será el funcionamiento general de la organización. La gerente administrativa y el jefe de planta tienen a su vez la responsabilidad de informar de los logros, las decisiones tomadas, los acontecimientos y las necesidades al gerente general y dueño de la compañía, quien finalmente toma las decisiones de mayor impacto y relevancia.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la realización del trabajo se pudo evidenciar que la estructura organizacional se acerca a una forma piramidal de tres niveles de mando.

No se observó que se tenga expuesta en carteleras ni socializada la filosofía institucional de la empresa, es decir, la misión, visión, valores y política de calidad.

Conclusiones

De este trabajo se puede resaltar claramente que el control adecuado de las 7 “emes” es prácticamente un requisito indispensable para la competitividad de cualquier empresa, desde las más pequeñas que están surgiendo hoy en día, hasta las más grandes del mundo y con más tiempo en el medio empresarial.

La gestión de una organización con el permanente seguimiento a las siete EMES pretende generar mayores niveles de eficiencia, productividad y calidad, debido a que permite y facilita aplicar el ciclo PHVA Planear, hacer, verificar y actuar utilizando planes de mejoramiento continuo.

No puede tratarse de manera separada e independiente el estudio de cada uno de componentes del proceso debido a que de alguna manera hay una relación estrecha entre ellos y el manejo adecuado de cada uno interviene con los resultados del otro.

Con respecto al estudio del manejo de las 7 emes en la empresa ABC se pueden concluir varios aspectos:

Los métodos de trabajo están claramente definidos y documentados, lo cual es muy positivo para el mejoramiento de la productividad y la eficiencia de los mismos.

Los procesos de selección, contratación, capacitación y seguridad industrial de la mano de obra están muy bien organizados y administrados a través de la cooperativa XXX, lo que contribuye a un buen desempeño de la compañía, a un buen clima laboral y a una justa valoración del trabajo de los empleados.

La empresa tiene muy bien organizado el cumplimiento de las normas legales exigidas para la conservación del medio ambiente relacionadas con el manejo de las condiciones ambientales para el trabajador (iluminación, calor, ruido y olores), productos y residuos químicos, basuras, emisiones de gases y ruido al exterior.

La maquinaria empleada se encuentra en muy buen estado debido a la buena ejecución de los programas de mantenimiento y el buen uso que los trabajadores hacen de ellas.

Se pudo observar que ABC es una empresa que en términos generales tiene un buen manejo de las siete EMES presentes en el proceso productivo, aunque cabe anotar que se puede mejorar, y es posible hacerlo debido a que se observa disponibilidad y entusiasmo del personal administrativo de la compañía, aspecto fundamental en todo proceso de mejoramiento.

Recomendaciones

ABC es una empresa con un buen funcionamiento, y dotada con las herramientas necesarias para el cumplimiento oportuno de sus objetivos. Sin embargo se identificaron algunas oportunidades de mejoramiento en el manejo de las 7 EMES.

En el método de producción se recomienda cuantificar los costos de reprocesos y de retrasos. En la medición de dicho proceso se sugiere la implementación de formatos de seguimiento a la calidad, montaje de un sistema de indicadores de gestión de calidad, de productividad y eficiencia, adicionalmente se recomienda hacer partícipes a los operarios de los controles de los procesos y del mejoramiento de los mismos.

En cuanto a la materia prima se observó que hay gran desconocimiento del origen de muchas de ellas, debido principalmente a que los proveedores son nacionales, pero se sugiere identificar el lugar de origen con el objetivo prevenir posibles desabastecimientos e impactos en los costos de producción afectados por la fluctuación en el valor de la moneda. Adicionalmente se sugiere documentar las mezclas y proporciones de materias primas ya que se observó que se hace de manera empírica, lo cual obstaculiza hacer una buena explosión de materiales y una adecuada planeación y programación de las compras además de obstaculizar el correcto costo de producción.

En el management su recomienda formular la filosofía empresarial con todo el personal directivo declarando allí la razón de ser de la compañía, su visión de futuro, sus valores organizacionales y su política de calidad y socializarla con el personal operativo y con los clientes; adicionalmente, se sugiere definir y documentar la estructura organizacional, es decir, el organigrama e igualmente socializarlo.

En medición se recomienda también incluir en el tablero de indicadores antes propuesto, indicadores de clima organizacional, de satisfacción del cliente, inventarios, de declarar los indicadores financieros de rentabilidad, teniendo en cuenta que como expuso durante este trabajo se cuenta con un sistema de información actualizado de gran utilidad para este fin.

Continuar con la excelente labor de cuidado y seguridad industrial motivando a los trabajadores al uso adecuado de los implementos asignados para tal fin ya que se observó que algunos no los empleaban adecuadamente quizás por el calor o incomodidad.

Se sugiere revisar la necesidad de personal especializado en la planta teniendo en cuenta que la industria avanza y se desarrolla cada día.

Referencias

1. Proyecto Q. Asesoramiento y asistencia en gestión de las organizaciones. Disponible en internet en: http://proyectoq.com/sistema4/index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid=41 (Acceso 2011)

Optimización parcial del parqueo en la UPB

Daniel Maya A.

Universidad Pontificia Bolivariana
dmaya02@hotmail.com

Juan Cardona.

Universidad Pontificia Bolivariana.
juan0792@hotmail.com

Diego León Zapata Ruiz

Universidad Pontificia Bolivariana.
diego.zapata@upb.edu.co

Abstract

The parking problem is an issue that rings the alarm of a great number of installations and places of any kind, may it be airports, universities, libraries, stadiums, or any other place that requires parking zones. The growing population, and therefore the increasing need of people for some kind of personal way of transportation are the origins of this issue. Parking zones, in any of the places mentioned before, aren't flexible enough to tolerate the constant growth automobile volume. In particular if one looks at the behavior of vehicles in the Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), one must notice that parking zones in this institution are very restricted together with the fact

that car flow gets bigger year after year. Parking before 8 A.M class is almost impossible for example. One can find many explanations for the cause of the growing car flow in the university but this is not object of interest in the following article. Knowing that the parking availability has been the same since many years ago, and being conscious that the institution doesn't plan to broaden it, it must be given the maximum possible use without forgetting the minimum required spaces in any parking lot.

Key Words: Parking, car flow, Vehicle, Population.

Resumen

El problema del parqueo es un factor que afecta a un sin número de instalaciones y espacios de cualquier tipo, ya sea universidades, bibliotecas, estadios, centros comerciales, aeropuertos, etc. La población creciente, y por lo tanto la ascendente necesidad de algunas personas por el uso de un carro particular son las bases de este problema. Por lo general, en cualquiera de los lugares antes mencionados, los parqueaderos no son lo suficientemente flexibles como para tolerar el aumento constante del flujo vehicular y cada vez se hacen más restringidas las zonas de parqueo. En el caso particular de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) los parqueaderos cada vez son más limitados, y el flujo de automóviles aparentemente se hace mayor, parquear justo antes de las 8:00 a.m. por ejemplo, es casi imposible. Puede haber muchas explicaciones para este aparente aumento de flujo en la universidad, sin embargo, este no es objeto de interés en el presente trabajo. Sabiendo que el espacio de parqueo con el que cuenta la universidad es el mismo de hace muchos años, y teniendo presente que difícilmente la institución piense ampliarlo, a este se le debe dar el máximo aprovechamiento posible sin olvidar los espacios mínimos requeridos en cualquier parqueadero.

Palabras Claves: Parqueo, Flujo de Automóviles, Automóvil, Población.

Introducción

Desde el inicio, cuando Karl Friedrich Benz inventó el automóvil en la ciudad alemana de Manheim en 1886, hasta hoy en día con descubrimientos de carros híbridos y eléctricos para disminuir la contaminación, el transporte con el uso del auto se ha vuelto de suma importancia para la humanidad. La población creciente y la necesidad de

disminuir las distancias es cada vez más inminente en el mundo, no sólo por los medios de comunicación, sino que también por los de transporte. Y de esta manera, a medida que crece la población y la cantidad de vehículos de transporte crece la necesidad de un espacio físico dónde almacenarlos, la necesidad de espacios de parqueo.

En la UPB la necesidad de parqueaderos cada vez se hace más latente, a medida que pasan los semestres aparentemente ingresan más alumnos nuevos y esto implica mayor número de automóviles. Teniendo en cuenta el comportamiento de la Universidad con respecto a las mejoras en infraestructura, y a las implicaciones económicas de inversión que significa la construcción de nuevos sitios de parqueo, es necesario buscarle una solución alterna. Esta salida sería examinando darle un máximo aprovechamiento al espacio de parqueo disponible, haciendo una mejor distribución de los automóviles.

En el presente trabajo se procederá con esta cuestión en un parqueadero muy conflictivo, el parqueadero que está justo al costado sur del boulevard. Se hará un cronograma de actividades para analizar el problema, y una vez analizado este se planteará como un problema de Programación Lineal para optimizarlo, finalmente se discutirán los resultados y se sacarán conclusiones.

Planteamiento del problema

El problema de espacio para parqueo es una situación creciente que se presenta en cualquier ciudad del mundo, e inclusive más particularmente en cualquier institución, empresa o universidad. Los parqueaderos, a medida que pasan los años, se hacen más difíciles de encontrar, y en la UPB hay horas del día donde es casi imposible. La falta de parqueaderos es un síntoma derivado de diversos problemas. El primero es la creciente necesidad de un medio de transporte para la creciente población en las ciudades, acompañado de la falta de cultura e infraestructura de transporte público, y el segundo es la falta de espacio para parqueo o mal cálculo de flujo vehicular.

Si en la UPB no se llegan a tomar medidas con respecto a este problema de parqueo inminente, en los próximos años se verá el fruto de esta falta de control e intervención. Habrá una masa de carros entrante muchísimo mayor a la cantidad de parqueaderos disponibles en la universidad, causando un bloqueo en las entradas, mucho mayor al actual, a ciertas horas del día. Adicionalmente habrá una inconformi-

dad por parte de los alumnos con la universidad, inclusive en los casos más extremos puede llegar a haber deserciones por parte de estos, deteniendo el crecimiento de la universidad, estancando a la misma.

Para controlar dicho problema existen diversas soluciones, unas más viables que otras, debido a la poca capacidad de inversión que muestra la UPB a la hora de hacer mejoras a la infraestructura. Un camino sería simplemente ampliar el espacio de parqueaderos, sacrificando ciertas aéreas de la universidad o haciendo edificios de parqueaderos. Otra sería confiar en que haya un mejoramiento de la estructura vial en la ciudad de Medellín, mejorando el transporte público y así disminuyendo la necesidad del transporte particular. Y la última solución, que será la solución a tratar en este trabajo, se basa en aprovechar al máximo el espacio con el que se cuenta en la universidad, distribuyendo los automóviles de la mejor manera posible.

Objetivo general

Analizar y optimizar, como un problema de programación lineal, el espacio de parqueo en un parqueadero conflictivo de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Objetivo específicos

Hacer un reconocimiento de los espacios: ya sean aprovechables o requeridos en el parqueadero.

Investigar la cantidad y tipo de automóviles que ingresan a dicho espacio.

Modelar como un problema de Programación Lineal y solucionar con ayuda de un software el problema planteado, obteniendo una cantidad y una manera óptima de distribuir los automóviles.

Alcance

Con la ejecución y solución del problema, se piensa optimizar la cantidad de carros, de las x categorías que se incluyan, que se puedan parquear en las zonas de interés. Una vez encontrada la solución, esta puede arrojar respuestas como por

ejemplo: parquear tantos carros del tipo A en la posición x para la zona 1, y tantos en la zona 2. Encontrada esta solución la propuesta sería poner avisos o personal que indique el límite de carros pertenecientes a las diferentes categorías que pueden parquear en las diferentes zonas. Una opción sería poner un guarda o vigilante en la entrada de la zona de parqueo que diga si es posible seguir parqueando carros pequeños o grandes en ésta. Otra sería simplemente bloquear la entrada o poner avisos que indiquen la situación. La solución del problema debe mostrar cambios significativos en el aumento de capacidad de parqueo para que se pueda implantar.

Si es posible se piensa compartir los resultados con la administración de la universidad de manera que se puedan aplicar y no se queden sólo en teoría, todo con la finalidad de aportarle valor a la institución.

Antecedentes

Hasta hace 3 años era posible encontrar parqueadero en la universidad en las horas más conflictivas como por ejemplo a las 8:00 a.m., hoy en día no lo es. No es prudente pensar que no se han considerado soluciones contundentes a la falta de espacio parqueo, pero tampoco lo es decir que se ha hecho. Hasta ahora la única solución ha sido abrir un parqueadero provisional justo al lado de la Facultad de Derecho y Ciencias Políticas. La programación lineal con la ayuda de los métodos cuantitativos y la investigación de operaciones sirven para modelar desde el método científico cualquier problema dentro de un sistema. Para este caso el sistema consta de una mezcla entre vehículos y espacio de parqueo. Con el apoyo de estos fundamentos teóricos se solucionará el problema que se planteó.

Metodología

Primero se mirará el espacio, con cuánto se cuenta, cuánto se está utilizando, cuánto no, las medidas de estos espacios en las zonas de parqueo de interés. Habiendo tomado u observado estas medidas se puede pasar a analizar qué restricciones espaciales puede haber, como por ejemplo el límite de espacio aprovechable, para así posteriormente encontrar la mejor manera para ubicar los automóviles.

Segundo, analizar los vehículos, la cantidad de carros que ingresan a los parqueaderos. Se procederá a dividir los automóviles en categorías dependiendo de sus

dimensiones, y con la recolección de datos se puede estimar en porcentaje qué flujo vehicular de las diferentes categorías existe en la universidad. También se determinará qué espacio debe disponer cada vehículo para un buen parqueo, y así empezar a pensar en qué restricciones existen y qué variables elegir.

Luego de haber identificado las distintas variables, los problemas que tiene el sistema de parqueo, y las medidas de los espacios. Se ingresan dichas variables, asignándoles sus respectivas restricciones, previamente valoradas, en un problema de programación lineal para optimizar la solución con la ayuda de un software.

Enfoque solución

Para resolver el problema, se plantearon 3 posibles formas para acomodar los automóviles dentro del parqueadero, teniendo en cuenta las medidas del mismo. El parqueadero es un rectángulo con lados de 741.8 m y 17.1m, debe tener dos carriles uno en cada dirección con un ancho mínimo de 2,5 m cada uno. Cada forma posible se resolvió con un problema de Programación Lineal independiente. En esta sección se pueden observar los desarrollos de cada uno de estos problemas de PL.

Objetivo: Maximizar el número de carros de todos los tipos a parquear en el parqueadero.

Xij: Cantidad de carros tipo i a parquear en la sección j .

$i = 1, 2, j = 1, 2$.

Los tipos de carros serán dos, el tipo dos serán todos los carros que tengan una longitud entre 3.6 m y 4.5 m, dentro de esta categoría están la gran mayoría de los automóviles sedán y las camionetas ya sean grandes o pequeñas. El tipo 1 serían todos los automóviles hatchback es decir todos los autos sin cola. Para esta categoría tomamos como referencia todos los carros entre un Renault Twingo o un Chevrolet Spark y un Renault Clio, las medidas serían entre 0 y 3.6 m.

El ancho del parqueadero siempre será de 2.2 m ya sea para tipo 1 o tipo 2, y el largo varía dependiendo de la posición en que parquea el carro, si los carros parquean uno al lado del otro las longitudes del parqueadero serán las mismas del tipo de auto, es decir 4.5 m para tipo 2, y 3.6 para tipo 1; pero si los carros parquean uno tras el otro la longitud sería un metro mayor, es decir 5.5 m para tipo 2, y 4.6 m para tipo 1.

Formato 1

Este formato es simplemente el que existe actualmente pero con las modificaciones de los tamaños de los parqueaderos para las diferentes categorías. En los costados de este formato se pueden acomodar tantos carros tipo 1, como tipo 2; y en el medio también se pueden acomodar carros de los dos tipos.

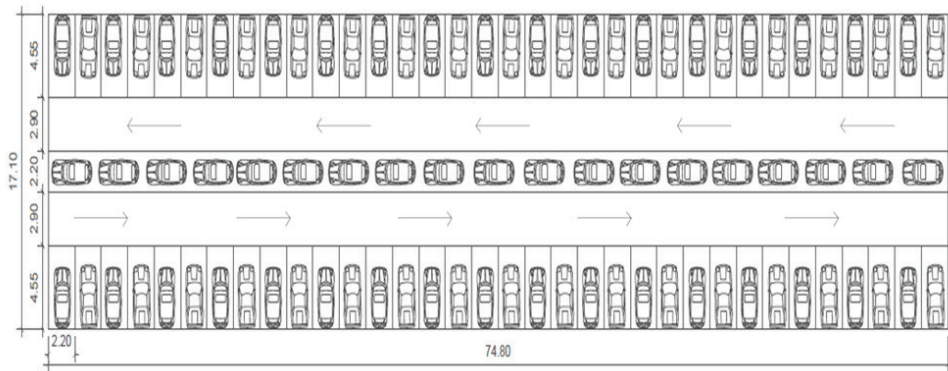
X11= Cantidad de carros pequeños (tipo 1) para sección del centro.

X21= Cantidad de carros grandes (tipo2) para sección del centro.

X12= Cantidad de carros pequeños (tipo 1) para sección de los costados.

X22= Cantidad de carros grandes (tipo2) para sección de los costados.

Figura 1. Formato 1 de parqueo.



$$MAX Z = X11 + X21 + X22 + X12$$

S.A

$$X11 + X12 \geq 0.58(X11 + X21 + X22 + X12)$$

$$X11 + X12 \leq 0.70(X11 + X21 + X22 + X12)$$

$$X21 + X22 \geq 0.30(X11 + X21 + X22 + X12)$$

$$X21 + X22 \leq 0.42(X11 + X21 + X22 + X12)$$

$$5.5 X21 + 4.6 X11 \leq 74.80 \text{ Largo de los carros}$$

$$2.2 X22 + 2.2 X12 \leq 149.60 \text{ Ancho de los carros}$$

Figura 2. Optimización 1 de Programación Lineal.

MAX	Z	84,26	Porcentaje
VARIABLES	X11	16,26	19%
	X12	42,72	51%
	X21	0,00	0%
	X22	25,28	30%
RESTRICCIONES	1	10,11	
	2	0,00	
	3	0,00	
	4	-10,11	
	5	74,80	
	6	149,6	

La función Z optimizada arroja una cantidad de 83 carros en total para parquear, siendo 70% tipo1 y el resto tipo 2. Para este problema no se ve ninguna aparente holgura.

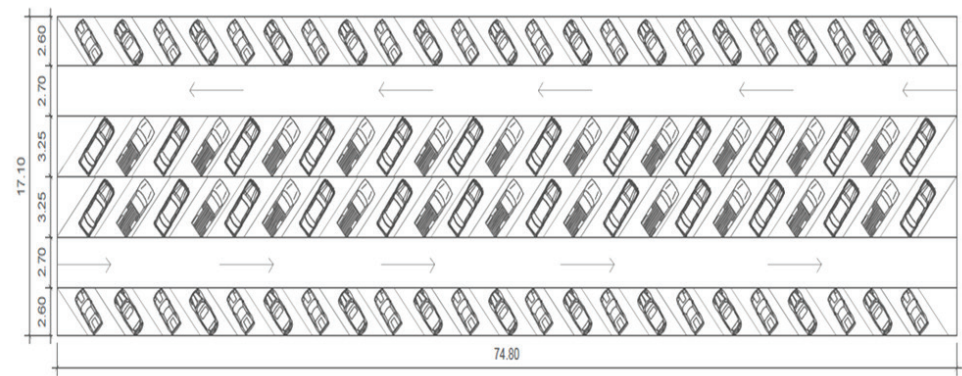
Formato 2

Para este formato se parquean carros en diagonal con 45° de inclinación, en los parqueaderos de los costados se pueden parquear únicamente carros pequeños es decir tipo 1, y en el medio cualquiera de los dos tipos.

En este formato se le deben restar a los espacios disponibles lo que sobra en los costados del parqueadero por el hecho de que los cubículos están acomodados diagonalmente. Estos espacios se calculan con trigonometría sencilla y se tienen en cuenta en las restricciones.

- X11= Cantidad de carros pequeños (tipo 1) para sección del medio.
- X21= Cantidad de carros grandes (tipo2) para sección del medio.
- X12=Cantidad de Carros pequeños (tipo 1) para sección de los costados.

Figura 3. Formato 2 de parqueo.



MAX Z= X11+X21+X12
S.A

$X1\ 1+X12 \geq 0.58(X11+X21+X12)$
 $X11+X12 \leq 0.70(X11+X21+X12)$
 $X2\ 1 \geq 0.30(X11+X21+X12)$
 $X2\ 1 \leq 0.42(X11+X21+X12)$
 $3.11X21 + 3.11\ X1\ 1 \leq 149.6- (3.18*2) =143.24$
 $3.11X12 \leq 144.509$

Figura 4. Optimización 2 de PL.

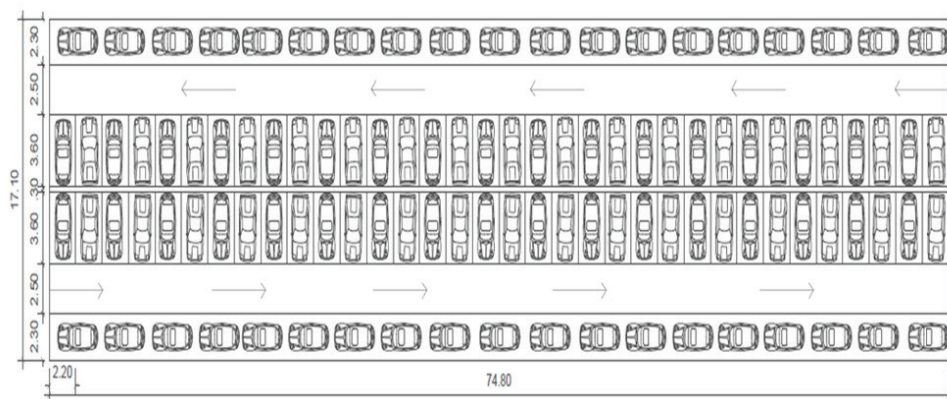
MAX	Z	92,52	Porcentaje
VARIABLES	X11	18,30	20%
	X21	27,76	30%
	X12	46,47	50%
RESTRICCIONES	1	11,10	
	2	0,00	
	3	0,00	
	4	-11,10	
	5	143,24	
	6	144,51	

El resultado muestra que se pueden parquear 91 carros, siendo estos 30% tipos 2 y el resto tipo 1. Las restricciones 5 y 6 no muestran alguna holgura.

Formato 3

En este formato se parquean tanto tipo 1 y 2 en los costados, y en el medio solo se parquean carros pequeños, es decir tipo 1.

Figura 5. Formato 3 de parqueo.



X11= Cantidad de carros pequeños (tipo 1) Sección del medio.

X22= Cantidad de carros grandes (tipo2) Sección de los Costados.

X12=Cantidad de Carros pequeños (tipo 1) Sección de los costados.

$$\text{MAX } Z = X11 + X12 + X22$$

S.A

$$X11 + X12 \geq 0.58(X11 + X12 + X22)$$

$$X11 + X12 \leq 0.70(X11 + X12 + X22)$$

$$X22 \geq 0.30(X11 + X12 + X22)$$

$$X22 \leq 0.42(X11 + X12 + X22)$$

$$5.5 X22 + 4.6 X12 \leq 149.60$$

$$2.2 X11 \leq 149.60$$

Figura 6. Optimización 3 de PL.

MAX	Z	90,66666667	Porcentaje
VARIABLES	X11	63,46666667	70,000%
	X12	0	0,000%
	X22	27,2	30,000%
RESTRICCIONES	1	10,88	100,000%
	2	0	
	3	0	
	4	-10,88	
	5	149,6	
	6	139,6266667	

El resultado del problema nos arroja una posibilidad de parquear 90 carros, con una relación 70-30 como en los casos anteriores, pero existe una holgura en la restricción que 6, siendo esta la que se refiere a los carros pequeños parqueados en el medio. Esta holgura da la posibilidad de introducir 4 carros tipo 1 más, pero se incumplirían las condiciones iniciales de la relación mínima de 70%-30% entre carros tipo 1 y 2 respectivamente.

Conclusiones

En este trabajo se procuró hacer simplemente una solución económica y a corto plazo para el problema, los motivos se mencionaron anteriormente. En cualquier otro caso de una institución que estuviera más dispuesta a invertir dinero en ampliar el espacio de parqueo, posiblemente las soluciones irían por otro camino. En general el estudio resultó exitoso y se observó que el formato de parqueo que existe actualmente en el parqueadero estudiado es ineficiente, es decir, no se aprovecha al máximo el espacio, respetando los espacios mínimos para circulación y áreas de parqueo. Los otros dos formatos aumentaron la capacidad de parqueo.

Se analizó que si se implementa alguno de los dos formatos se mejorará el parqueo en este parqueadero en particular, y sería muy interesante hacer un análisis parecido para toda la universidad y así optimizar el parqueo en toda la institución.

Referencias

1. Análisis de Problemas de Parqueo en Grandes Instituciones (2011). [En línea]. Disponible en: [//es.scribd.com/doc/5366642/02-Analisis-de-problemas-de-estacionamiento](https://es.scribd.com/doc/5366642/02-Analisis-de-problemas-de-estacionamiento) [2011, 10 de Octubre].
2. Estudio de Estacionamiento (2011). [En línea]. Disponible en: [// www.estudiosdetransito.ucv.cl/estac.htm](http://www.estudiosdetransito.ucv.cl/estac.htm) [2011, 10 de Octubre].
3. Hillier F. y Lieberman G. (2002). Investigación de operaciones 7ª edición. Mc Graw Hill.
4. Taha H. (1998). Investigación de operaciones una introducción, 6ª edición. Pearson.



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**

SU OPINIÓN



Para la Editorial UPB es muy importante ofrecerle un excelente producto.
La información que nos suministre acerca de la calidad de nuestras publicaciones será muy valiosa en el proceso de mejoramiento que realizamos.

Para darnos su opinión, comuníquese a través de la línea (57) (4) 354 4565
o vía E-mail a editorial@upb.edu.co

Por favor adjunte datos como el título y la fecha de publicación, su nombre, e-mail y número telefónico.



Universidad
Pontificia
Bolivariana

ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

UPB 75
1936 - 2011

ISSN 2322-7672



9 772322 767008



75 años de **formación integral**
para la **transformación social y humana**