

V Encuentro de Investigación Formativa Ingeniería Industrial Medellín

Memorias

**Grupo de Investigación en Sistemas Aplicados
en la Industria (GISAI)**



© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana

V Encuentro de Investigación Formativa - Memorias

ISSN: 2322-7672

Primera edición, 2013

Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Industrial

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

Rector General: Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector Académico: Pbro. Jorge Iván Ramírez Aguirre

Decana Escuela de Ingenierías: Piedad Gañán Rojo

Directora Facultad de Ingeniería Industrial: Diana Rocío Roldán Medina

Editor: Juan José García Posada

Coordinación de producción: Ana Milena Gómez Correa

Diagramación: María Isabel Arango Franco

Corrector de estilo: Juan David Villa

Dirección editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2015

Email: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57) (4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 285-20-10-14

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

Contenido

Las alianzas tecnológica vs. los sistemas integrados de gestión en la empresa TMI.....	5
Estudio de mercados para un producto de pastelería cero azúcar.....	29
Diseño de cartas de control, sistema de gestión de la calidad y un plan de muestreo de aceptación, aplicados al proceso de facturación de la compañía Marketing Personal S. A.	41
Implementación procedimiento para producto no conforme según NTC ISO 9001:2008.....	63
Precio de venta estimado de inmuebles de segunda a través del uso de regresión lineal múltiple	81
Modelo logístico de transporte de caña para un trapiche panelero.....	95
Análisis estadístico del precio de los apartamentos en El Poblado, Medellín	115
Perfume a partir de los residuos de caña de azúcar	131
Optimización multiobjetivo utilizada para resolver un caso de producción	145
Simulación de alternativas de productividad para apoyar los procesos de toma de decisiones en Santini Flowers	157

Las alianzas tecnológica vs. los sistemas integrados de gestión en la empresa TMI

Adriana Botero Orrego

Universidad Pontificia Bolivariana
Colombia
adriana.botero@ucm.edu.co
315-926-4397

Carlos Eduardo Mesa Mesa

Universidad Católica de Manizales
Colombia
cmesa@ucm.edu.co
300-600-5664

Resumen

Las alianzas tecnológicas y de conocimiento son una herramienta estratégica para implementar un Sistema Integrado de Gestión en la empresa TMI Mecánica Industrial, basado en las normas de calidad, seguridad, salud en el trabajo y protección ambiental, mejorando notablemente la eficacia, productividad, reputación y la competitividad de la empresa en el sector metalmeccánico.

Este artículo pretende abordar las alianzas tecnológicas como una herramienta estratégica para implementar los Sistemas Integrados; destacando los beneficios que le traen a la organización para agilizar el proceso de implementación e integrar adecuadamente los Sistemas de Gestión (SG) de acuerdo con las características de la estructura empresarial.

Las alianzas tecnológicas no solo se refieren a la infraestructura física, también están relacionadas con la gestión del conocimiento; y permiten mejorar constantemente la organización por medio de la apropiación de recursos intangibles externos, adaptándolos a las características estructurales de la empresa.

Es la misión de los autores mostrar el real beneficio que trae gestionar de manera efectiva las alianzas tecnológicas y cooperación del conocimiento para implementar un Sistema de Gestión en una empresa, preferiblemente del sector metalmeccánico, y con características organizacionales similares a las de TMI Mecánica Industrial.

Palabras clave

Conocimiento, cooperación, creatividad, innovación.

Abstract

The technological and knowledge alliances are a strategic tool to implement an Integrated Management System in TMI based in quality standards, safety, occupational health and environmental protection, increase efficiency, productivity, reputation and competitiveness of the company in the engineering sector.

This article aims to address technology alliances as a strategic tool to implement integrated management systems, highlighting the benefits it brings to the organization in streamlining the implementation process and the successful integration of SG according to the characteristics of the structure business.

Technological alliances not only refer to physical infrastructure are also related to the strategic alliances of knowledge which allow the organization to constantly improve through the appropriation of external intangible resources adapting to the structural characteristics of the company.

It is the mission of the Author show actual benefit it brings to effectively manage technology alliances and cooperation of knowledge to implement a Management System in a company, preferably in the metallurgical industry and organizational characteristics similar to those of TMI factory.

Keywords

Knowledge, cooperation, creativity, innovation.

Introducción

TMI es una empresa familiar manizaleña, perteneciente al sector metalmecánico, tiene 30 años de tradición en el mercado y gran reputación entre grandes empresas de la ciudad por la magnitud de los proyectos que lleva a cabo en su actividad industrial. El personal de TMI, que posee contrato a término indefinido, lo componen siete empleados operativos, un administrativo y el subgerente, completando una planta de personal fija de nueve personas.

Los principales procesos de TMI son:

Preparación y fabricación de turbinas

Este es el proceso que le genera mayor valor agregado a la empresa, ya que a pesar de que la infraestructura física y la planta de personal no son de grandes dimensiones, realizan mantenimiento y fabricación de turbinas Pelton y Francis, empleadas para la producción de energía de grandes empresas hidroeléctricas del país, entre ellas, la Central Hidroeléctrica de Caldas (CHEC) y la Empresa de Energía del Quindío (EDEQ), pertenecientes al grupo empresarial Empresas Públicas de Medellín (EPM).

En el año 2009 comenzó el proyecto de realizar un banco de pruebas con la ayuda del ingeniero Eduardo Botero Agudelo y la Universidad Tecnológica de Pereira; debido a la creciente demanda en estándares de calidad garantizados y especificaciones técnicas, este banco de pruebas permitió realizar una mejora técnica en el proceso de fabricación de turbinas. A partir de la puesta en funcionamiento de este banco, la empresa comenzó a tener más acogida en el mercado y comenzaron a aumentar sus contratos con empresas interesadas en estos productos.

Mantenimiento mecánico

Este es otro de los grandes procesos de la empresa; debido a que este proceso productivo es multifacético, ya que depende del tipo de montaje industrial o tipo de máquina al cual se le desee hacer mantenimiento o alguna modificación, uno de los principales clientes en este tipo de proyectos es la empresa Progel, dedicada al procesamiento de gelatina y tratamiento de cueros animales. Esta exporta a diversos países de la región andina y de la Unión Europea, ha contado en diversas oportunidades con TMI para el mantenimiento o mejora de su maquinaria.

Inyección de maniguetas

Este proceso productivo es el que se realiza con menos frecuencia, debido a que TMI terceriza este proceso con otra empresa llamada Manufacturas y Servicios MyS, sin embargo, cuenta con la infraestructura para realizar este proceso productivo cuando sea necesario. Estas maniguetas son para motocicletas y su producción es esporádica, pero de grandes volúmenes.

La empresa, desde el 2009, comenzó a planificar y gestionar actividades dirigidas a mejorar la calidad, la seguridad, la salud ocupacional y el impacto al medio ambiente, debido a la creciente demanda de los grupos de interés de contar con sistemas que permitan gestionar estos aspectos y garantizar que la empresa se basa en la mejora continua, buscando siempre un impacto positivo en el mercado empresarial, medioambiental y laboral.

En primera instancia se comenzaron a contemplar las directrices de la norma de calidad ISO 9001. Debido a que los grandes clientes de TMI le comenzaron a exigir un sistema que le permitiera garantizar la calidad y la trazabilidad de sus productos, aunque la empresa hasta el año 2013 llevaba un camino recorrido en el establecimiento de un Sistema de Gestión de Calidad, aún hace falta recorrer un tramo adicional para aspirar a una certificación.

Con el pasar del tiempo, en el año 2012 se dieron cuenta que era indispensable contar con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional con el fin de promover continuamente el bienestar de los trabajadores, debido a que las actividades que realiza la empresa implican un alto riesgo.

Esta necesidad surgió a partir de que la empresa comenzó a desarrollar proyectos de grandes magnitudes en los que requería contratar personal adicional, que en muchos casos llegaba hasta las 40 personas, y se realizaban en locaciones externas a la empresa, es decir, donde el cliente; por esta razón, era necesario contar con un sistema que le permitiera a la empresa gestionar efectivamente la seguridad y la salud de los trabajadores fijos, por contrato y demás personas que tienen que ver con la empresa como clientes, proveedores, visitantes, entre otros.

De allí nace la necesidad de adecuar las directrices de la norma OHSAS 18001 a las características de la empresa. El proceso de diseño y estructuración de este sistema lo realizó la ingeniera industrial Adriana Botero Orrego en su proyecto de grado titulado *Diseño y desarrollo de un Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional basado en la norma NTC 18.001 (OHSAS) para la empresa taller de mecánica industrial TMI*, donde la autora dejó pautas establecidas para que la empresa implemente este sistema cuando lo considere conveniente, sin embargo, durante la elaboración del proyecto de grado se implementaron medidas necesarias para mejorar las condiciones del ambiente laboral y comenzar el camino de adaptarlo a los requerimientos de este estándar internacional.

Por otra parte el Sistema de Gestión Ambiental basado en la norma ISO 14.001 es un proyecto a largo plazo; teniendo como prioridad implementar los Sistemas de Gestión de Calidad, de Seguridad y Salud Ocupacional logrando contar con unas bases sólidas para gestionar el impacto ambiental de la manera adecuada y unirlo al Sistema Integrado de Gestión, llevando la misma metodología utilizada para la gestión e implementación de los otros dos sistemas.

Para la implementación e integración de los sistemas de gestión mencionados anteriormente la empresa debe tener en cuenta las alianzas tecnológicas estratégicas, que le permiten tener un respaldo por parte de otras organizaciones empresariales, instituciones educativas o científicas; gestionando recursos o capacidades que le faciliten desarrollar sinergias orientadas a la consecución de los objetivos planteados en cada sistema de gestión y entre ellos, siempre buscando cumplir con los indicadores y las metas trazadas, obteniendo los resultados esperados.

Los sistemas integrados de gestión implican un proceso de innovación y desarrollo, ya que, además de que se deben mejorar procesos, infraestructura, métodos, productos, entre otros, buscando alternativas innovadoras que faciliten el desarrollo organizacional, también es necesario buscar alianzas estratégicas que faciliten el intercambio de información, conocimiento y bienes intangibles, por cuanto estos

sistemas no se basan solamente en la estructura física, también se basan en el desarrollo y apropiación de conocimientos por parte de todos los empleados. El compartir con organizaciones empresariales y de investigación los conocimientos y experiencias vividas por ellos en la implementación e integración de sistemas de gestión, sirve como antecedente que le permite a la empresa establecer un marco de actuación, evitando caer en los errores cometidos por los aliados y tomando los aprendizajes de estos en el tema como herramienta de gestión y continuo mejoramiento.

Las empresas están cada vez más interesadas en alcanzar y demostrar unos sólidos resultados en su gestión organizacional (Beltrán, 2011) [1]. Lo anterior hace que las empresas busquen aliados estratégicos que les permitan encontrar soluciones y asumir ciertos riesgos para lograr los objetivos trazados.

Los sistemas integrados de gestión tienen implícitamente contemplada la tecnología y la apropiación del conocimiento, es por esta razón que el autor vio la necesidad de mostrarle a la empresa la importancia de establecer alianzas estratégicas de naturaleza tecnológica y de conocimiento para lograr que las metas trazadas se cumplan y que estos sistemas sean funcionales, sostenibles y sustentables en el tiempo.

En la actualidad, la tecnología ha obtenido más acogida dentro de las organizaciones y la apropiación de esta por medio de la adaptación de conocimientos es fundamental; es claro que para mejorar la infraestructura física y humana de las empresas se requiere de inversión en tecnología, investigación y desarrollo, sin estos aspectos se dificulta la implementación y la integración de los sistemas de gestión.

Estos son una muestra del desarrollo acelerado que implica el mundo globalizado de hoy y que a la vez presiona a las estructuras organizacionales internas, generando necesidades de gestionar adecuadamente los procesos, productos o servicios; de otra manera, es posible perder ventaja competitiva y bajar los niveles de rentabilidad, productividad y estabilidad económica.

Como dice (2005) [2], “para mantener la adaptabilidad es necesario crear y preservar un estado de cambio permanente en estructuras, procesos, objetivos y metas; como ejemplo, la capacitación tiene que considerarse de acuerdo con los parámetros dinámicos del medio: es preciso un aprendizaje organizacional donde el no aprender se encuentre abolido y el personal mejore continuamente sus capacidades, porque podría ser la única fuente para lograr ventajas competitivas y de eficiencia en los productos o servicios”.

Con lo anterior se puede concluir que las alianzas tecnológicas no solo implican recursos tangibles, también implican recursos intangibles como el conocimiento que se obtiene a partir de capacitaciones dictadas por personas expertas y capacitadas en estos temas. La globalización no implica solamente inversión en tecnología y maquinaria de punta, implica, principalmente, la gestión del conocimiento para que el personal de la organización se adapte a los cambios que conllevan, como ejemplo, los sistemas de gestión, que en la actualidad están en auge.

Las alianzas tecnológicas son un término que se deriva de las alianzas estratégicas. Como lo menciona Fernández (1999) [3] en su artículo “Alianzas estratégicas de carácter tecnológico”, existen alianzas estratégicas de diversos tipos, que dependiendo de los requerimientos de la organización, se adaptan a las necesidades.

Es por esto que en este artículo se contemplan conceptos de creatividad, innovación, desarrollo, alianzas tecnológicas y cooperación del conocimiento versus implementación de sistemas integrados de gestión, con el fin de que la empresa TMI y las demás empresas que consideren desde sus necesidades utilizar las alianzas tecnológicas como una herramienta en la implementación y el fortalecimiento de los sistemas de gestión logren identificar la importancia y qué tipo de alianzas y modalidades de cooperación deben tener en cuenta para que la gestión de recursos tangibles e intangibles a través de las alianzas tecnológicas sea efectiva para que la implementación e integración de los sistemas de gestión tenga éxito y perdure en el tiempo.

Este artículo pretende ser una guía de consulta para las empresas, con el fin de que comprendan las alianzas tecnológicas y la cooperación del conocimiento como una herramienta clave para el éxito organizacional.

Creatividad innovación, investigación y desarrollo

Como lo menciona Quiroz (2005) [4], “este frenético entorno global no es la única fuerza que impulsa a las organizaciones hacia el cambio, las presiones internas también son casi tan poderosas. Por tales razones, cada vez es más requerido un nuevo estilo de trabajar, individuos capaces de superar las limitantes de espacio, tiempo o ubicación geográfica: los de la información y el conocimiento, así como personas en las que cualidades como la creatividad y la innovación siempre estén presentes”.

Con lo anterior podemos reafirmar que el éxito en la implementación de un Sistema Integrado de Gestión en una organización depende única y exclusivamente de la participación activa de todos los actores que hacen parte de la empresa. Si el personal demuestra su compromiso, habilidades, empeño, sentido de creatividad e innovación se genera una plataforma para que el desarrollo organizacional sea constante y se logren las metas de cualquier empresa, que son lograr sostenibilidad, sustentabilidad, rentabilidad, productividad y competitividad.

Pero... ¿Qué es la creatividad? Este es un tema que tiene demasiada literatura, y que en los últimos tiempos ha venido obteniendo más auge por la necesidad de que las personas sean creativas e innoven en los procesos, productos, métodos y servicios de las organizaciones.

En lo que se refiere a creatividad, hay diversos autores que han tratado este tema y que desde su concepto poseen perspectivas diferentes; unos asumen la creatividad como proceso, otros, como producto e, incluso, como aptitudes y actitudes.

Para redondear un poco, según Quiroz (2005) [5], las principales características de la creatividad son la originalidad del producto o proceso, la imaginación, la asociación de ideas, las nuevas combinaciones de elementos aparentemente inconexos, la finalidad o intencionalidad previa a la actividad creativa, la condición de aprendizaje de la aptitud o actitud y la necesidad de una situación particular que dispare todas estas situaciones.

Sería como decir que la creatividad es el cociente intelectual de la imaginación.

Pero... ¿En qué se relaciona la creatividad con las alianzas tecnológicas y la implementación de los sistemas de gestión? La respuesta es simple: la creatividad es el componente esencial de la innovación, y recordemos que la innovación no solo es en productos, es innovación en los conocimientos y metodologías de la organización. Por esta razón, si la creatividad es el cociente intelectual de la imaginación, la innovación es la creatividad aplicada. La innovación permite el desarrollo, y, por supuesto, los sistemas integrados de gestión juegan un papel importante en el avance y proceso de mejora organizacional.

Las alianzas tecnológicas implican alianzas de conocimiento; es buscar el socio estratégico, es decir, quien tiene lo que le hace falta a la empresa. Las alianzas tienen implícitamente la creatividad, la innovación y el desarrollo porque estos componentes

deben ser un factor diferenciador de los aliados que compartirán un fin común al formar una alianza.

En el caso de TMI, las alianzas tecnológicas le permiten obtener información acerca de métodos, estrategias, soluciones innovadoras, reformas organizacionales, entre otros, para orientar la implementación e integración de los sistemas de gestión hacia el éxito.

Los conceptos de creatividad, investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) están ligados, ya que todos hacen parte de la nueva era de la información, el conocimiento y el desarrollo organizacional.

Como lo menciona Bolullo (2007) [6], para lograr integrar los aspectos anteriores con las alianzas tecnológicas y su relación con los sistemas integrados de gestión (SIG), es necesario entender la creatividad; primero, tenemos que verla dentro de un marco en el que se integre con la imaginación y la innovación. La imaginación es la que nos inspira para crear nuevas soluciones, historias y mundos. La creatividad es la que pone esa creación en contexto y le da un sentido, un valor. Y la innovación es la que desarrolla e impulsa ese sentido creado para asegurarse de que este sea novedoso en su campo y que tenga éxito en el mercado.

Estos tres conceptos están estrechamente ligados, como se puede afirmar de lo anterior, las alianzas tecnológicas deben tener implícitamente estos conceptos para que se tenga éxito en los objetivos y metas planteadas.

Las alianzas son estrategias organizacionales para compartir conocimiento, gestionarlo y utilizarlo en beneficio de un bien común.

Por otra parte, la investigación y el desarrollo no son posibles si no se cuenta con personas creativas que miren más allá de lo que parece obvio. Las necesidades de investigación surgen del análisis y propuestas de mejoras creativas e innovadoras que pueden marcar y cambiar el rumbo de la organización hacia el progreso y el desarrollo.

En este artículo se hizo necesario mencionar estos cuatro conceptos debido a la importancia que poseen en el desarrollo organizacional teniendo las alianzas tecnológicas y cooperación del conocimiento como la herramienta estratégica en la implementación de los sistemas integrados de gestión que apalancan, como es conocido

por todos, el crecimiento organizacional y el desarrollo personal y profesional de las personas que pertenecen a la empresa.

Como ya se ha mencionado anteriormente, los sistemas de gestión son parte fundamental en el desarrollo organizacional. Las empresas actuales están en constante búsqueda del desarrollo debido a que el mundo globalizado de hoy exige organizaciones que estén a la vanguardia tanto en procesos, productos y servicios como en la estructura organizacional interna.

El desarrollo organizacional, según Bennis (1973) [7], se define como “una respuesta al cambio, una compleja estrategia educativa cuya finalidad es cambiar las creencias, actitudes, valores y estructura de las organizaciones, en tal forma que estas puedan adaptarse mejor a nuevas tendencias, mercados, retos, así como al ritmo vertiginoso del cambio mismo”.

De lo anterior podemos concluir que el desarrollo organizacional implica que todas las personas que pertenecen a ella tengan adaptabilidad al cambio y trabajen conjuntamente, siempre en pro del desarrollo y del crecimiento, pero para lograr esto es necesario comenzar a tomar en cuenta herramientas tan importantes como los sistemas de gestión, que apalancan el desarrollo y el crecimiento.

Alianzas estratégicas

Según Fernández (1999) [8], “a través de los cambios organizativos, las empresas intentan generar competencias que refuercen su capacidad tecnológica e innovadora, así como su potencial competitivo”.

Con lo descrito anteriormente, se puede reafirmar una vez más el hecho de que el avance vertiginoso del mercado ha llevado a las empresas a buscar dichas alianzas con entidades empresariales, educativas o científicas para mejorar sus capacidades y competitividad en el mercado, respondiendo a la demanda nacional e internacional.

En la implementación de los sistemas de gestión es necesario contar con alianzas estratégicas que permitan orientar dicho proceso y que faciliten cimentarlo en el éxito, la sustentabilidad y la sostenibilidad.

Las alianzas, por lo general, inciden en tres cuestiones: costes, riesgos y tecnología (conocimiento). Por tanto, la esencia de la alianza estratégica ha sido, y sigue siendo, reducir las posibilidades de fracaso y adquirir conocimientos (Fernández, 1999) [9].

Las alianzas estratégicas entre empresa u organizaciones son, en resumen, una cooperación de recursos y capacidades entre los aliados para mejorar la estructura del negocio, aumentar las ventajas competitivas y posicionarse en el mercado, mostrando un valor agregado sobre los competidores (racionalización de recursos).

Las alianzas estratégicas entre organizaciones son una gran herramienta para aumentar el desarrollo organizacional. Una de las características fundamentales de una alianza es que todas las partes interesadas se ven beneficiadas del conocimiento y los recursos de los socios, compartiendo y aportando lo mejor de cada uno para lograr que la alianza tenga el éxito esperado y cumpla su objetivo de beneficio para todos los involucrados.

A pesar de que las alianzas estratégicas consisten principalmente en compartir conocimiento y recursos tangibles e intangibles, se debe tener especial cuidado con aquella información que hace parte de los secretos industriales y la propiedad intelectual de la empresa, ya que en algún momento esto puede convertirse en un arma de doble filo para alguna de las partes; se debe tener en cuenta que este escape de información trascendental para el quehacer de la organización puede, en algún momento, fortalecer a uno de los competidores y poner en riesgo la estructura y el negocio.

Según Fernández (1999) [10], en las alianzas estratégicas, los socios suelen aportar o compartir:

- a. Recursos financieros.
- b. Materias primas o infraestructura.
- c. Tecnología.
- d. Talento empresarial.
- e. Costes administrativos.

Las alianzas no son más que una cooperación conjunta entre diversas organizaciones, tanto de conocimiento como de recursos; y que permite reducir riesgos, abrir

mercados, maximizar utilidades, recursos disponibles y productividad; en conclusión, es una llave para el éxito empresarial y para el afianzamiento del negocio.

Como Fernández (1999) lo menciona en su artículo, existen diversas modalidades de cooperación:

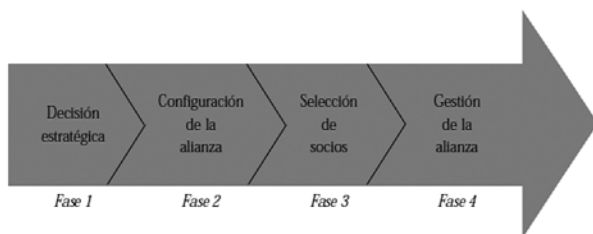
- Fusión.
- *Joint-venture* o sociedades mixtas.
- Agrupaciones de interés económico.
- Corporate venturing.
- Acuerdos de colaboración.
- Acuerdos multilaterales.
- Franquicias y licencias.

Los tipos de cooperación que se pueden establecer entre empresas están generalmente ligados con los intereses de las partes. Comúnmente, el objetivo de cualquiera de este tipo de modalidades de cooperación es compartir riesgos, recursos, conocimientos, aprendiendo uno de otro, mejorando las competencias (personales, intelectuales, relacionales, organizacionales, tecnológicas y de emprendimiento). Este tipo de cooperaciones en la actualidad se ven en los proyectos de investigación, innovación y desarrollo.

Para el caso de TMI, la idea es buscar alianzas que le faciliten conocimientos y experiencias sobre la implementación de los sistemas de gestión. Se recomienda hacer énfasis en ciertos tipos de cooperación que se fundamentan en compartir conocimientos para mejorar continuamente y tomar decisiones de mejora empresarial. Para este caso, sería el *joint-venture* o sociedades mixtas, que se basa principalmente en la gestión y cooperación del conocimiento entre las partes interesadas de la alianza que se formó. Y los acuerdos de innovación colaborativa; “los cuales tratan de buscar complementariedades, intentando explotar las fuerzas competitivas de cada socio y corrigiendo las debilidades respectivas” (Fernández, 1999) [12]. Estos últimos se usan en las áreas de investigación, innovación, desarrollo empresarial y *marketing* industrial, lo cual le permite a la empresa establecer relaciones con organizaciones experimentadas

en investigación y desarrollo, creando alianzas para la competitividad. En la figura 1, que se muestra a continuación, se presenta el proceso para crear una alianza estratégica.

Figura 1. Proceso de creación de una alianza estratégica.



Fuente: (Fernández, 1999) [13].

Las fases que se describen en el proceso de creación de una alianza son fundamentales para lograr que la sociedad arroje los resultados esperados. Estas fases deben desarrollarse de forma sistemática para garantizar que se realiza una gestión continua, y que se está buscando siempre el gana-gana de todas las partes involucradas.

Decisión estratégica: esta es la fase en la que se decide qué tipo de alianza y acuerdos de cooperación deben establecerse de acuerdo con las necesidades de la organización, identificando las características que debe tener la alianza, para crear así un marco de actuación.

Configuración de la alianza: en esta fase se concretan los objetivos y el campo en el que va a intervenir dicha alianza, destacando los beneficios que se obtienen y el tipo de conocimiento o recursos que se van a transmitir o que se requieren de los aliados.

Selección de los socios: esta fase es decisiva, ya que aquí es donde se identifican los aliados estratégicos que se requieren.

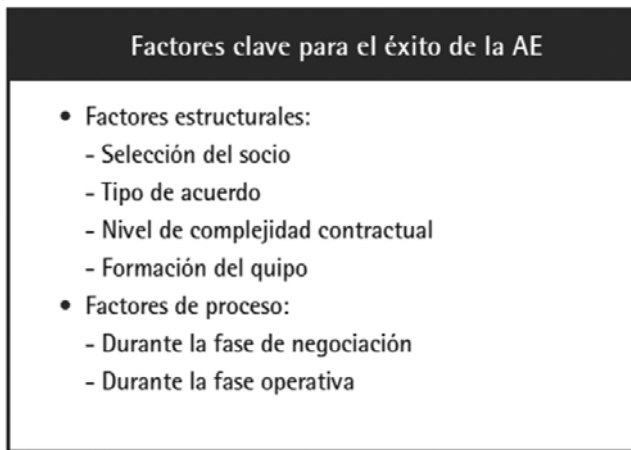
Para seleccionar los socios que van a formar una alianza estratégica, se deben tener en cuenta, según Fernández (1999) [14], los siguientes aspectos: capacidades, compatibilidad y compromiso; con el fin de que esta sociedad esté creada bajo la transparencia y que las responsabilidades estén bien definidas y claras.

Gestión de la alianza: de la gestión efectiva de la alianza, de esclarecer todos los compromisos y componentes de la sociedad, depende el éxito que se obtenga al momento de implementarla. Se debe realizar una planificación previa con todos los

aliados estratégicos y plantear cómo será la gestión del conocimiento, de la tecnología, de la investigación y del desarrollo.

En la figura dos se pueden observar los factores claves que se deben tener en cuenta en una alianza estratégica.

Figura 2. Factores claves de una alianza tecnológica.



Fuente: (Ariño, 2008) [15].

Razones para formar alianzas:

Según Fernández (1999) [16], las principales razones por las que se debe formar una alianza estratégica son:

- Aumentar la competitividad.
- Incrementar los volúmenes de facturación.
- Neutralizar competidores.
- Acceder a determinados mercados.
- Compartir riesgos.

En conclusión, las razones por las que se debe implementar una alianza estratégica son: la adquisición de conocimiento, reducción de costos, administración de riesgos y optimización de procesos y métodos organizacionales.

Como menciona Mattar (2011) [17], las alianzas estratégicas son la oportunidad de crear valor de intercambio y obtener ventajas de posicionamiento combinando fortalezas complementarias de distintas organizaciones.

De las alianzas tecnológicas se puede sacar partido, ya que por medio de ellas se logra una sinergia entre organizaciones, bien sea por la complementariedad de sus productos, servicios, recursos o capacidades, así logra enfrentar los desafíos que presentan los competidores en el mercado. Las alianzas estratégicas no solo permiten gestionar el conocimiento, también permiten formar estructuras organizacionales sólidas y clústeres empresariales que se dediquen a buscar su desarrollo individual, colectivo, regional y nacional.

Alianzas tecnológicas

Como lo menciona Fernández (1999) [18], a medida que la importancia de la circulación del conocimiento en el ámbito global fue aumentando, surgieron las “alianzas para el conocimiento” o “alianzas de carácter tecnológico”, expresión que define los acuerdos por los que varias empresas buscan aprender o generar nuevas tecnologías y capacidades.

Las alianzas tecnológicas o de conocimiento son fundamentales en el entorno competitivo actual debido a que estas generalmente surgen de la necesidad de hallar aliados que enfrenten a la competencia, por esta razón, buscan la cooperación como una forma de aprender las unas de las otras y agilizar, así, la transmisión del conocimiento.

Para el caso de TMI, como se ha venido mencionando a lo largo de este artículo, las alianzas tecnológicas son una herramienta importante para crear una plataforma que le permita a la empresa implementar un Sistema Integrado de Gestión basado en la mejora continua y en pro del desarrollo organizacional.

Las alianzas tecnológicas crean una ventaja competitiva y le permiten a la empresa compartir sus responsabilidades, conocimientos, riesgos e intereses con entidades que tengan experiencia, trayectoria y conocimiento en la implementación de dichos sistemas como una herramienta para la mejora continua.

La empresa ha realizado alianzas tecnológicas y cooperación del conocimiento con anterioridad. El último caso, y el que le trajo una ventaja a la empresa, es la creación del banco de pruebas de turbinas Pelton con la ayuda de la Universidad Tecnológica de Colombia, que aportó su experiencia y su conocimiento para lograr que este proyecto favoreciera el mejoramiento del proceso productivo de turbinas y garantizar a los clientes que se vela por que todos sus productos tengan estándares técnicos y de calidad.

Es por esto que en el caso de la implementación de los sistemas de gestión, las alianzas tecnológicas representan una gran herramienta y le brindan una base a la empresa para la actuación certera sobre sus decisiones.

Hay varios tipos de alianzas tecnológicas:

Alianza horizontal: es una alianza que está compuesta por socios que se encuentran en la misma jerarquía en el mercado, por ejemplo, proveedores-proveedores o productores-productores, y que generalmente se unen con el fin de realizar cooperación en investigación y desarrollo o comercialización de productos.

Alianza vertical: es una alianza que está compuesta por socios que se encuentran en diferentes niveles en la cadena de suministros y que generalmente se unen para buscar una ventaja competitiva y para aumentar la participación en el mercado por medio de la satisfacción del cliente.

Alianza entre competidores: es un tipo especial de alianza vertical. Los aliados son competidores y se unen para buscar el desarrollo del medio en el que se desenvuelven utilizando características y conocimiento de cada una.

Pero para elegir las alianzas adecuadas, hay que tener en cuenta las ventajas y las desventajas de estas, en la figura 3 se describen dichas características.

Figura 3. Ventajas y desventajas de las estrategias.

	Estrategia horizontal	Estrategia vertical
Ventajas	<p>La empresa refuerza su especialización y capacidad tecnológica.</p> <p>La empresa no se aleja de lo que sabe hacer.</p> <p>La empresa robustece permanentemente su núcleo tecnológico.</p> <p>Menor esfuerzo inversor.</p>	<p>La empresa explota y rentabiliza las innovaciones derivadas de sus competencias tecnológicas.</p> <p>La empresa crece de manera más rápida.</p> <p>Se crean importantes barreras de entrada.</p>
Desventajas.....	<p>La empresa no saca partido de sus competencias tecnológicas en cuanto a desarrollo de innovaciones se refiere.</p> <p>La empresa crece de forma más lenta.</p>	<p>La empresa puede descuidar la generación de nuevas competencias tecnológicas.</p> <p>Estrategia arriesgada y compleja: la empresa entra en nuevos sectores que desconoce.</p> <p>La empresa tiene que realizar un importante esfuerzo financiero.</p> <p>El desarrollo de la estrategia es más lento: entre el momento que se elige la estrategia y su total implantación pasa un largo período.</p>

Fuente: (Fernández, 1999) [19].

Sistemas integrados de gestión

En la actualidad, muchas son las organizaciones que han decidido abordar la gestión de determinadas áreas mediante la aplicación de normas reconocidas (nacionales o internacionales). Estas normas constituyen, sin duda, referencias de gran utilidad que permiten dar estructura y fundamento a la manera de llevar a cabo unas determinadas actividades y de ejercer un control sobre las mismas.

Según Carmona (2008) [20], “la calidad, el medio ambiente y la seguridad y salud en el trabajo son algunas de las áreas de gestión en las que fácil y rápidamente se pueden identificar normas internacionales que son ampliamente utilizadas por muchas organizaciones a nivel internacional”.

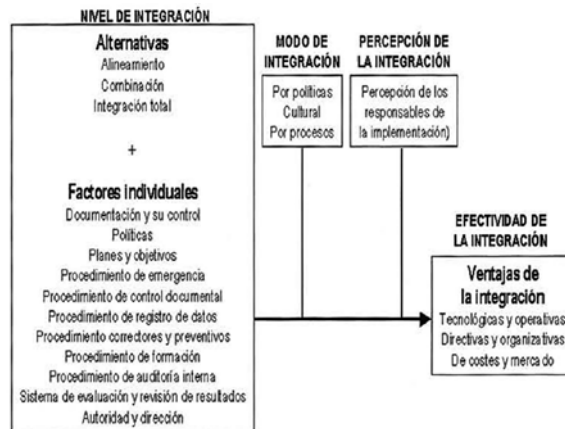
Los sistemas de gestión en Colombia están en este momento contemplados en la norma ISO 9001 (calidad), ISO 14001 (medio ambiente) y la OHSAS 18001 (seguridad y salud ocupacional). Todas estas normas están basadas en el ciclo PHVA de la mejora continua y buscan promover el desarrollo organizacional por medio de la adaptación de cada una de ellas a la organización.

Estos sistemas de gestión le permiten a la empresa aumentar la rentabilidad, la productividad y la seguridad; debido a que la certificación de estas normas le aporta una imagen de responsabilidad y de gestión de todos sus componentes, siempre orientada al beneficio propio y de las partes interesadas, lo que genera un impacto positivo.

El principal obstáculo que se encuentran las empresas en este aspecto es la integración de estos sistemas de gestión para que todos trabajen en conjunto y en pro de la mejora organizacional.

La integración de los sistemas requiere de una gestión efectiva en la implementación y de una participación activa de todo el personal. En la figura 4 se puede observar cómo se integran los sistemas de gestión (SG).

Figura 4. Modelo de integración de los SG.



Fuente: (Ferguson, 2002) [21].

En la imagen se puede observar un modelo de integración de SG basado en identificar los roles que tienen las personas en dicha integración y las ventajas que trae.

El objetivo de este artículo es mostrarle a la empresa las ventajas que le genera la creación de alianzas tecnológicas en la implementación e integración de los sistemas de gestión.

Como Beltrán (2011) [22] menciona en la serie de Notas Técnicas de Prevención que hablan de la norma OHSAS 18001 (898, 899, 900) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, las principales herramientas para lograr que la implementación de un sistema de gestión tenga éxito son: el compromiso de la dirección, la planificación adecuada de las actividades para el cumplimiento de metas trazadas e indicadores, la cooperación de todas las personas de la organización y las alianzas estratégicas para la gestión de recursos tangibles e intangibles.

Por lo anterior se puede concluir que los SG le generan una ventaja competitiva a la empresa y permiten el desarrollo organizacional orientado siempre a la mejora continua, y que la cooperación de conocimientos, técnicas, métodos, recursos, entre otros, es fundamental en el proceso de integración e implementación de los mismos.

Pero para implementar los sistemas de gestión es necesario tener en cuenta los factores de éxito que permiten que estos den los resultados esperados.

Según Jiménez (2012) [23], los factores que permiten realizar una gestión del cambio de forma inteligente y eficaz son:

- **Voluntariedad:** esta consiste en establecer un sistema de gestión que incluya a todas las personas que se ven involucradas en algún sentido con él, es decir, fomentar el espíritu de colaboración y hacer que se aporten los conocimientos de los colaboradores del sistema
- **Contribución:** esto implica definir cuáles son los aportes que deben hacer todas las personas que participan en el sistema, en el desarrollo y el éxito del mismo, de acuerdo con su conocimiento y habilidades.
- **Gestión del cambio:** siempre existirán personas dentro de la organización que se resistan al cambio y, por esto, es necesario contar con un plan que facilite la comunicación efectiva y con los orientadores que permitirán guiar a todos para que se adapten a las nuevas circunstancias.
- **Motivación, participación y compensación:** este aspecto consiste en motivar a los trabajadores para que participen en la gestión del plan que se ha establecido,

mostrando que el aporte que ellos hagan se verá recompensado en el desarrollo organizacional y personal de cada individuo, siempre orientado a la mejora de la calidad de vida de todos los *stakeholders* de la organización.

- **Indicadores:** este factor de éxito consiste en que todos los resultados obtenidos se deben cuantificar y poder medir con el fin de hacer seguimiento al cumplimiento de las metas trazadas.
- **Gestión de vida de la aplicación:** este aspecto consiste en que la aplicación del sistema planteado debe ser siempre orientada a la satisfacción de los grupos de interés y debe ser diseñado por ellos y para ellos.
- **Sencillez y manejo:** todo sistema desarrollado en la organización debe ser diseñado de tal forma que todas las personas lo comprendan, es decir, grados API, “A Prueba de Idiotas”.
- **Aprender de los errores, en vez de criminalizarlos:** este último factor pretende que las organizaciones comprendan que los errores siempre se van a presentar, pero no se deben tomar como derrotas, sino como herramientas para la toma de acciones de mejora y para replantear las ideas.

Por lo anterior, podemos definir que los sistemas integrados de gestión son una herramienta del desarrollo organizacional que se debe diseñar y desarrollar por los grupos de interés y para ellos mismos, involucrando a todo el personal y buscando, no solo el lucro económico de la empresa, sino también el desarrollo individual de quienes pertenecen a ella.

Alianzas tecnológicas y cooperación del conocimiento vs. implementación de sistemas de gestión

En esta última parte del texto, se va a reiterar lo que durante todo el desarrollo del mismo se ha venido indicando, y es el hecho de que las alianzas tecnológicas y la cooperación del conocimiento son una herramienta estratégica para mejorar internamente la organización, además de facilitar la implementación e integración de los sistemas de gestión que en la actualidad son una estrategia de las empresas para aumentar la productividad, competitividad, rentabilidad y mejorar continuamente

su estructura interna por medio de la gestión de la calidad, la seguridad y el medio ambiente, aspectos claves para obtener una imagen de credibilidad en el mercado.

Es indispensable aclarar qué significa “gestionar el conocimiento”. Como lo menciona Archanco (2011) [24], “es el proceso por el cual una organización facilita la transmisión de informaciones y habilidades a sus empleados, de una manera sistemática y eficiente. Es importante aclarar que las informaciones y habilidades no tienen por qué estar exclusivamente dentro de la empresa, sino que pueden estar o generarse generalmente fuera de ella”.

Por lo anterior se puede decir que si una organización gestiona el conocimiento interno y externo, tiene la clave para el éxito, debido a que se logra retroalimentar constantemente la estructura interna de la empresa y siempre pensar en el desarrollo personal y colectivo.

Antes de mostrar las conclusiones de este artículo es preciso mencionar las principales ventajas de las alianzas tecnológicas, las cuales, según Fernández (1999) [25], son:

- Reducen los riesgos de fracaso tecnológico porque se accede a recursos tangibles e intangibles complementarios, controlados por los diferentes socios.
- Favorecen la comunicación y la transferencia tecnológica entre los participantes dispuestos a cooperar entre sí.
- Facilitan la obtención de sinergias tecnológicas entre los distintos miembros.
- Posibilitan la disminución de los costes de investigación y desarrollo imputables a cada una de las empresas colaboradoras.
- Unifican criterios y propician el establecimiento de estándares porque se actúa de manera conjunta.
- Aceleran la concepción y difusión de las innovaciones.
- Ayudan a proteger de forma más eficaz la competencia tecnológica conseguida, ya que las empresas seguidoras no se atreverán a imitar y enfrentarse a compañías que forman un bloque potente y homogéneo.

De lo anterior se puede decir que por la ventaja que poseen las alianzas tecnológicas de unificar y estandarizar, aportan en gran medida a los sistemas de gestión, cuyo principal objetivo es estandarizar métodos, procesos, productos o servicios con el fin de que todos actúen en pro de la consecución de los mismos objetivos. Los estándares permiten unificar la organización y este es el objetivo de un Sistema Integrado de Gestión, es decir, buscar que todo esté relacionado entre sí y tenga una misma metodología de funcionamiento.

Por otra parte, la investigación y desarrollo es fundamental para adaptar la estructura organizacional a los requerimientos de las normas internacionales y esta es una de las principales características de las alianzas tecnológicas.

Si TMI utiliza las alianzas tecnológicas y la cooperación del conocimiento como una herramienta clave en el proceso de implementación e integración de los sistemas de gestión, logrará seguramente contar con una estructura organizacional idónea y con las características adecuadas para gestionar efectivamente la calidad, el impacto ambiental, la seguridad y la salud ocupacional, obteniendo ventaja competitiva, credibilidad en el mercado, imagen de responsabilidad social-empresarial, sentido de cooperación y gestión continua del conocimiento.

TMI tendrá la oportunidad de hacer parte de ese selecto grupo de empresas que pertenecen a la sociedad actual de la información y del conocimiento, y que tienen como política la investigación, desarrollo e innovación como estrategia de crecimiento y apalancamiento corporativo.

Dados los resultados obtenidos en el trabajo de grado, es importante que todo lo relacionado con las alianzas estratégicas de carácter tecnológico se comiencen a implementar escalonadamente en las organizaciones como un apoyo a la sostenibilidad y sustentabilidad de los sistemas integrados de gestión, fortaleciendo así la elaboración e implementación de manuales, procedimientos, instructivos, diagramas de flujo, que hagan de la documentación del sistema una plataforma que permita incursionar en nuevos modelos de sistemas de gestión organizacional, interactuando con agentes externos.

Conclusiones

- Las alianzas tecnológicas favorecen ostensiblemente el crecimiento organizacional.
- La cooperación entre las empresas y la creatividad, unida a la innovación, genera conocimiento que debe compartirse en la aldea global.
- Todo el trabajo de las alianzas tecnológicas debe tener su fruto en la implementación dentro de los sistemas integrados de gestión para dinamizar el desarrollo económico de una empresa, una región o un país.
- El compromiso de toda la organización es indispensable para lograr el éxito organizacional. De no existir esta sinergia y este trabajo conjunto, las alianzas estratégicas no generarán el resultado esperado en la implementación y fortalecimiento de los sistemas integrados de gestión.
- La cooperación del conocimiento, y de los bienes intangibles en general, es fundamental para lograr que las organizaciones tengan ventajas competitivas y estrategias valiosas que les permitan afrontar el mercado global actual que cada vez es más exigente.

Referencias

1. Archanco, R. (2011). *Qué es gestión del conocimiento*. Recuperado de <http://papelesdeinteligencia.com/que-es-gestion-del-conocimiento/>. [24].
2. Ariño, A. (2008). Las imprescindibles alianzas estratégicas. *Revista de Antiguos Alumnos*. 22-28.
3. Beltrán Belloví, M., Sánchez-Toledo Ledesma, A. & Villa Martínez, E. (2011). “NTP 898: OHSAS 18.001. *Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo: Implantación (I)*”. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España.
4. Beltrán Belloví, M., Sánchez-Toledo Ledesma, A. & Villa Martínez, E. (2011). “NTP 899. OHSAS 18.001. *Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo: implantación (II)*”. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España.

5. Beltrán Belloví, M., Sánchez-Toledo Ledesma, A. & Villa Martínez, E. (2011). *"NTP 900. OHSAS 18.001. Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo: implantación (III)"*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España.
6. Bolullo, R. (2007). La creatividad como motor de la innovación. *If... la revista de la innovación*. 55. Recuperado de <http://www.infonomia.com/if/articulo.php?id=134&cif=55>. [6].
7. Carmona Clavo, M. A. (2008) *"La integración de Sistemas de Gestión normalizados sobre la base de los procesos"*. Centro Andaluz para la Experiencia en la Gestión.
8. Ferguson Amores, M. E., García Rodríguez, M. Borna & Barrachina, M. M. (2002). Modelos de implantación de los Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad, el Medio Ambiente y la Seguridad. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*. 8 (1), 97-118
9. Fernández Rodríguez, M. A. (1999). *"Alianzas estratégicas de carácter tecnológico"*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid [3, 8, 9, 10, 11, 12, 13,14, 16, 18, 19, 25].
10. Jiménez Rubia, L. (2012). *"Factores de éxito para la implantación de un Sistema de Gestión del Conocimiento"*. Comisión de trabajo de CEDE sobre gestión del conocimiento empresarial. *Cuadernos de gestión del conocimiento empresarial*, (39).
11. Quiroz Waldez, F. J. (2005). Sociedad de la información y del conocimiento. *Boletín de los Sistemas Nacionales Estadísticos y de Información Geográfica*, 1 (1) [2, 4, 5].
12. Mattar, M. A. (2011). *Alianzas estratégicas: unirse para competir*. XXV Encuentro Nacional de Comercialización de Argentina y América Latina. [17]
13. Warren G. Bennis. (1973). *Desarrollo organizacional. Su naturaleza, sus orígenes y perspectivas*. México: Fondo Educativo Interamericano. [7]

Estudio de mercados para un producto de pastelería cero azúcar

Daniela Márquez Delgado

Universidad Católica de Manizales
Colombia
dreansaleja@hotmail.com

Leidy Solarte Mora

Universidad Católica de Manizales
Colombia
Leidysol1993@hotmail.com

Resumen

La diabetes mellitus (DM) comprende un grupo de trastornos metabólicos caracterizados por un déficit relativo o absoluto en la producción de insulina¹. El objetivo de este estudio es comprender este conjunto de personas como un mercado objetivo al cual se le brindará una alternativa saludable de consumo.

Se realizó un estudio de mercados en el cual se utilizaron métodos como la segmentación, mezcla de promoción, distribución y *marketing* internacional. De este se obtuvo un panorama de aceptación con respecto al producto y al precio proyectado que ofreceremos.

Palabras clave

Diabetes, segmentación, mezcla de mercadeo.

Abstract

Diabetes mellitus (DM) comprises a group of metabolic disorders characterized by an absolute or relative deficiency in insulin production ¹. The aim of this study is to understand this group of people as a target market that will offer a healthy alternative of consume.

A study of the market in which methods such as market segmentation, promotion mix, distribution and international marketing were used was performed. Where we got an overview of acceptance for the product and the price we projected that offer.

Keywords

Diabetes, segmentation, marketing mix.

Introducción

En este trabajo de investigación se tuvo en cuenta el estudio publicado en “IDF DIABETES ATLAS”, publicado por International Diabetes Federation, en el que se puede observar el crecimiento mundial de esta enfermedad, además, revela que una de cada dos personas no sabe que tiene diabetes y que más de 371¹ millones de personas en el mundo la padecen. Con esto se puede visualizar un segmento de personas que tienen una problemática en común, de acuerdo con esto, se pretende lanzar un producto nuevo que pueda suplir los antojos y que cumpla con las restricciones adecuadas sin alterar su salud.

Para esto se hizo una segmentación geográfica del mercado de consumidores, ya que se abordará a la población en la ciudad de Manizales; y demográfica, pues se tienen en cuenta las características de la población a la que se va a analizar.

¹ Cepedano, D., Barreiro, C., Pombo, A. (2005). Incidencia y características clínicas al manifestarse la diabetes mellitus tipo 1 en niños de Galicia (España, 2011-2012). *An pediatr (Barc)*, 62(2), 123-7

Generación de ideas

La idea del producto tiene como trasfondo un acontecimiento personal, en el cual, un familiar que padece diabetes solo encuentra un lugar en Manizales donde puede suplir sus antojos y que cumpla con las restricciones adecuadas sin alterar su salud; por lo tanto, se notó una falta de oferta de estos productos, de ahí surgió la idea de entrar en un mercado que aún no está apropiadamente explotado.

Lluvia de ideas

La generación de lluvia de ideas, de acuerdo con Rincón, D. y Rincón, B. (2000), pretende reunir tantos problemas y necesidades como sea posible para después generar aportes que sirvan para la creación del producto.

Teniendo en cuenta lo anterior, se generó una lista de productos sin azúcar, como los siguientes:

- Dulcería
- Chocolates
- Postres
- Tortas
- Helados
- Galletas
- Malteadas
- Brownies

Tamizado de ideas

Según Kotler & Armstrong (2008), el tamizado de ideas se hace con el objetivo de examinar las ideas generadas para encontrar las buenas y desechar las malas lo antes posible.

Al analizar las ideas que se generaron, el producto escogido fue la torta sin azúcar, pues es la más apetecida por las personas, además, tiene gran demanda en fechas especiales.

Estudios realizados en la ciudad de Manizales nos revelan que:

“La cetoacidosis diabética² es la principal causa de morbimortalidad en niños con diabetes mellitus tipo 1 (T1DM), la cual, en un 35-40 % de los pacientes, es la primera manifestación en el diagnóstico de DM y en más del 80 % se presenta en diabéticos previamente diagnosticados”.

Castaño, Giraldo y Montenegro (2012) revelan el porcentaje de diabéticos que han sido hospitalizados en esa fecha, el cual fue de 61,4 %, que es una cifra significativa teniendo en cuenta que el estudio fue realizado en una sola clínica.

Con respecto a lo anterior, vemos un mercado objetivo amplio en el cual podemos incursionar nuestro producto.

Utilizaremos una fijación de precios de valor agregado, pues vincularemos a nuestro producto características como el diseño de la torta, el buen sabor, la variedad y el tamaño; además del buen servicio que se prestará al consumidor para diferenciarnos de la competencia y apoyar nuestros precios altos. Por lo tanto, el precio de una torta variará dependiendo del tamaño y las adiciones, como explicaremos en el desarrollo del concepto.

Desarrollo y prueba del concepto

De acuerdo con Kotler & Armstrong (2008), después de escoger la idea, esta debe ser desarrollada para convertirla en un concepto del producto, que es una versión detallada de la idea, expresada en términos significativos para el consumidor².

Desarrollo del concepto:

Concepto 1: tortas sin azúcar de precio moderado, fabricadas para que el riesgo de padecer diabetes minimice. Esta torta es ideal para satisfacer los antojos sin alterar la salud, además de no afectar la condición de la persona diabética.

Concepto 2: pasteles de chocolate cero azúcar de costo medio, dirigidos especialmente a niños y jóvenes.

Concepto 3: muffins sin azúcar de bajo costo, ideal para las personas que gustan de cosas pequeñas y sencillas.

Concepto 4: tortas sin azúcar, con decoración para fechas especiales, precio moderado que varía dependiendo del gusto del consumidor, atractivas para personas diabéticas, ya que son de calidad y llamativas.

Prueba del concepto:

Una torta sin azúcar, deliciosa, saludable y llamativa. Este producto de alta calidad es hecho a base de ingredientes sin azúcar, pues este componente afecta la salud y no puede ser consumido por personas que padecen diabetes, por lo que ofrece al consumidor una opción saludable. El precio de esta torta variará de acuerdo al tamaño y a su composición.

2 Es un problema que ocurre en personas con diabetes y se presenta cuando el cuerpo no puede usar el azúcar (glucosa) como fuente de energía, debido a que no hay insulina o esta es insuficiente. En lugar de esto, se utiliza la grasa para obtener energía.

Niveles del producto

Teniendo en cuenta el libro publicado por Kotler & Armstrong (2008), al planificar el producto se deben considerar tres niveles, el nivel fundamental que es el producto básico; el segundo nivel debe convertir al beneficio básico en un producto real y, por último, se debe construir un producto aumentado alrededor de los beneficios básicos y el producto real, ofreciendo al consumidor servicios y beneficios adicionales.

El producto que ofrecemos es de consumo y tiene las siguientes características:

Beneficio básico: el comprador adquirirá una torta sin azúcar, deliciosa, saludable y llamativa.

Producto real:

Calidad del producto: todos nuestros productos serán verificados por el INVIMA antes de ser lanzados al mercado.

Marca: el nombre con el que se identificará la empresa que comercializará el producto será “Deli-light”.

Empaque: el empaque de nuestro producto incluirá un recipiente primario hecho de plástico con forma y tamaño de la torta requerida, también tendrá un empaque secundario hecho de papel celofán transparente, que permitirá ver el producto y le dará una buena apariencia al empaque final del pastel.

Etiquetado: la etiqueta serán marbetes distintivos pegados al empaque del producto, que identificarán la marca de la empresa, promoviendo el producto y apoyándolo en su posicionamiento.

Producto aumentado: como estrategia del producto tendremos servicio al cliente, además del cumplimiento a la hora de la entrega.

Desarrollo de la estrategia de *marketing*

Según Kotler & Armstrong (2008), después de tener el desarrollo y la prueba del concepto se tendrá que introducir este producto al mercado, utilizando una estrategia de *marketing*. Así que:

El mercado objetivo está constituido por individuos, parejas o familias, de cualquier edad, que quieran mantenerse saludables y para aquellas personas que sufren de diabetes y no pueden consumir alimentos que contengan azúcar, con ingresos de moderados a altos, que buscan la manera de endulzarse sin poner en riesgo su salud.

Se pretende un posicionamiento gracias a sus componentes no perjudiciales y a su buen sabor en comparación con una torta corriente. Con este producto se quiere entrar fuertemente al mercado, con la visión de posicionarse en los dos primeros años.

La torta sin azúcar se ofrecerá en diversos sabores como chocolate, vainilla, café, arequipe, caramelo, etc., y dimensiones grandes, medianas y pequeñas, brindando la opción de adicionarle frutas o frutos secos. La publicidad se hará mediante degustaciones en los principales supermercados de la ciudad, cupones de descuento y en las redes sociales. Esta enfatizará, más que en cambiar los hábitos alimenticios, en cambiar la forma de vida de los consumidores a una más saludable.

Se pretenderá tener una constante investigación sobre el índice de crecimiento de la población diabética en la ciudad de Manizales.

Análisis de negocios

Según Kotler & Armstrong (2008), este análisis implica una revisión de las proyecciones de ventas, de los costos y de las utilidades de un producto nuevo con el fin de averiguar si estos factores satisfacen los objetivos de la compañía.

Teniendo en cuenta esto se hicieron encuestas de opinión a cincuenta personas escogidas aleatoriamente en el mercado, en sectores de estrato medio-alto, con respecto a los precios que estarían dispuestas a pagar por la compra de una torta en diferentes tamaños y con características como el relleno, el diseño, los diferentes sabores y la adición de frutos secos. Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Figura 1. Relación entre las personas y el precio que están dispuestas a pagar por una torta pequeña.

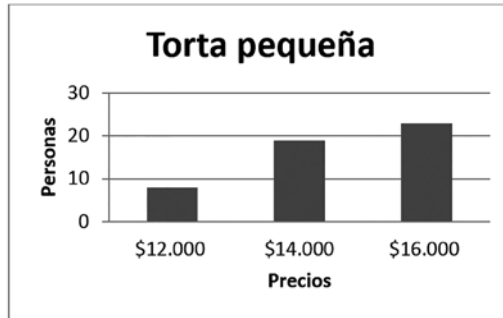


Figura 2. Relación entre las personas y el precio que están dispuestas a pagar por una torta mediana.

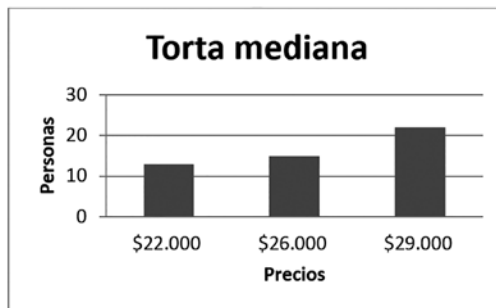
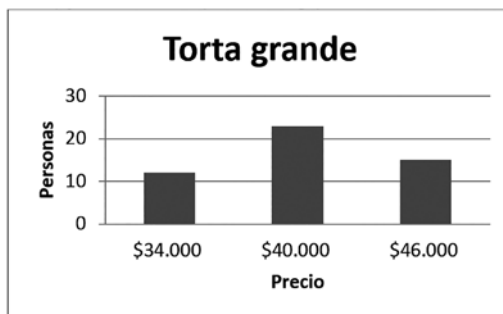


Figura 3. Relación entre las personas y el precio que están dispuestas a pagar por una torta grande.



Los precios se escogieron teniendo en cuenta a los de la competencia, adicionándole el valor agregado que mencionamos anteriormente. Con estos resultados, podemos estimar que tendremos un intervalo de riesgo bajo, ya que nos vamos a

introducir a un sector donde los consumidores tienen ingresos que les permiten adquirir el producto.

Podemos deducir que debido a los pocos competidores en el sector, el atractivo financiero de este producto es alto, por cuanto tenemos nuestra diferenciación en calidad y servicio.

Mezcla de promoción

Se pretende utilizar tres herramientas de la mezcla de comunicaciones de *marketing* para comunicar de manera persuasiva el valor de nuestro producto al cliente y crear relación con él.

Publicidad

Para la comercialización de nuestras tortas se utilizará como estrategia una publicidad en medios masivos a través de comerciales en la televisión regional, Internet y prensa.

Promoción de ventas

Incluiremos los incentivos de compra para atraer la atención del consumidor, como cupones, rebajas, exhibidores y degustaciones en almacenes de cadena y supermercados.

Relaciones públicas

Se harán eventos en los lugares más exclusivos de Manizales, brindando un mensaje más real y creíble para el consumidor.

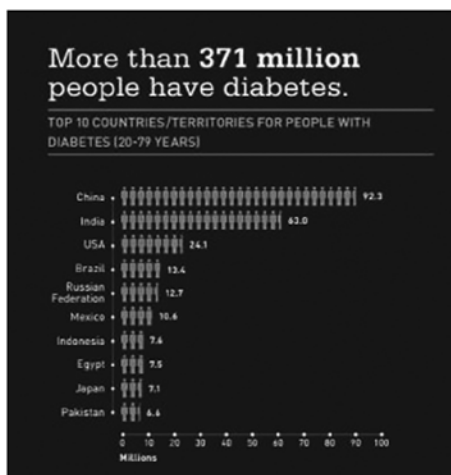
Distribución

Al ser una empresa nueva con capital limitado se prevé que se iniciará vendiendo en un área de mercado restringida. Se manejará una distribución directa en la cual llevaremos el producto al mercado por medio de nuestros propios recursos, lo que nos permite ejercer el control directo sobre la función, evitando intermediarios que podrían subir el precio.

Marketing internacional

En las estadísticas realizadas por International Diabetes Federation, podemos observar a los diez países o territorios con más personas diabéticas entre los 20 y 79 años, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 4. Top 10 de los países con la mayor cantidad de personas diabéticas [20-79 años].



Podemos saber en qué territorios introduciremos nuestro producto. Al operar en más de un país, se obtendrán ventajas de investigación y desarrollo, producción, *marketing* y financiamiento, además de ventajas en costos y en reputación, lo cual no está al alcance de competidores exclusivamente nacionales.

Nuestro mercado objetivo internacionalmente será China, India, USA y Brasil debido a que son los países que tienen la mayor cantidad de personas diabéticas.

Conclusiones

- Con la creación de este producto se pretende aportar una iniciativa de cambio en el estilo de vida de las personas, previniendo el padecimiento de la diabetes y sobrellevándolo para las personas que sufren de esta enfermedad.
- Se puede visualizar una aceptación por parte de los consumidores, independientemente de si padecen o no la enfermedad.
- Con los conocimientos adquiridos en clase y poniéndolos en práctica al momento de realizar este artículo, podemos comprender la importancia de la realización de un estudio de mercado para la introducción de un nuevo producto.

Referencias

1. Castaño, J., Giraldo, G. & Montenegro, A. (2012) Hiperglucemia: un marcador independiente de mortalidad y morbilidad en pacientes críticamente enfermos con o sin historia de diabetes, hospitalizados en la clínica Versalles. Manizales.
2. Álzate, J., Álzate, S., Castaño, J., González, J., Herrera, M., Herrera, V., Mercedes, E. & Montaña, L. (2012). Morbimortalidad de los pacientes con cetoacidosis diabética que ingresaron a la unidad de cuidados intensivos pediátricos del hospital infantil universitario de la cruz roja, Rafael Henao Toro, de la ciudad de Manizales.
3. Rincón, B. & Rincón, D. (2000) *Revisión y mejora de procesos educativos*.
4. Kotler, P. & Armstrong, G. (2008) *Fundamentos de marketing*. México .
5. Federación Internacional de Diabetes. (2013). *IDF Diabetes Atlas*. Bruselas: Federación Internacional de Diabetes.

Diseño de cartas de control, sistema de gestión de la calidad y un plan de muestreo de aceptación, aplicados al proceso de facturación de la compañía Marketing Personal S. A.

Diego Alejandro Rondón Bautista

Universidad de Antioquia
Colombia
rondon1992@yahoo.com

Carmen Elena Patiño Rodríguez - Docente

Universidad de Antioquia
Colombia
cpatino@gmail.com

Resumen

La presente investigación tiene como enfoque el uso de técnicas estadísticas para el control del proceso de facturación en la compañía Marketing Personal S. A. Los objetivos de este trabajo se basan en la búsqueda de causas asignables que proporcionen una falla en el proceso, se usará una carta de control por atributos para analizar la proporción de artículos facturados no enviados. A su vez, se realizarán análisis de capacitancia y estabilidad del proceso.

Este trabajo le muestra a la empresa cómo implementar un sistema de gestión de la calidad, a su vez, muestra diferentes normas ISO que pueden ser aplicadas al proceso de facturación, la mayoría de ellas, en el área de embalaje de los productos terrestres, lo que le ayudará a la compañía a tener mayor claridad de los procesos que maneja. Por último, se mostrará el uso de técnicas de muestreo y aceptación de lotes para el área de recepción de la materia prima y para el área de facturación de la compañía.

Palabras clave

Facturación, control por atributos, análisis de capacitancia, estabilidad del proceso, sistema de gestión de la calidad, muestreo y aceptación.

Abstract

This research focuses in the use of statistical techniques for the control of the process of billing in the company Marketing Personal S.A. The objectives of this paper has been based in the research about assignable causes that attribute a failure in the processes. A control chart by attributes is used to analyze the proportion of articles not shipped. At the same time, will be performed an analysis to evaluate the process capability and a stability of the process.

This research shows to the company how to implement a Quality Management System. Also, it demonstrates how different ISO procedures can be applied to the process of billing, most of them are for the area of shipping the products. This will help to the company to have more clarity on the processes that they handle. Finally shows that the use of sampling and acceptance techniques of batches, for the area of reception of raw material and billing.

Keyword

Billing, attribute control, process capability, process of stability, quality management system, sampling and acceptance.

Introducción

La calidad siempre se ha visto relacionada con el cumplimiento de las expectativas del cliente, este es el encargado de decir si el producto cumple o no con las características y especificaciones bajo las cuales fue adquirido, o sea, si posee o carece de calidad. Por ello, el control de los procesos permite la elaboración de productos o prestación de servicios deseados. Un proceso que se encuentre bajo control trae resultados de alta calidad, lo que se refleja en una satisfacción total del cliente.

El proceso de facturación será estudiado mediante la implementación de cartas de control para poder ver un análisis longitudinal de este. La variable que se analizará será la proporción de “facturados no enviados” con respecto a los productos enviados en total. El objetivo principal de este estudio es la elaboración de una carta de control P, definida como fracción disconforme de la población, que permita encontrar causas asignables a este problema de facturación, recomendar posibles mejoras a la compañía que ayuden a disminuir las pérdidas económicas que se generan con este suceso no deseado, y brindar una mayor satisfacción al cliente.

Durante la elaboración de este proceso se encontró que el personal encargado de empacar el pedido es el responsable de la falta de productos. Esto se puede dar debido a la distracción o cansancio del personal, ya que existen largas jornadas laborales de 9 o 10 horas.

Además del análisis longitudinal del proceso de facturación, se llevarán a cabo unas recomendaciones para la implementación de diferentes normas y la creación de un Sistema de Gestión de la Calidad, lo cual permitirá que la compañía tenga una gran ventaja sobre la competencia en calidad y un aumento de la demanda, que a largo plazo se verá como un crecimiento sustancial de la empresa.

Por último, se le mostrará cómo implementar y usar un muestreo de aceptación con el uso de las tablas normal, reducida y rigurosa Militar Estándar 105-E para la recepción de la materia prima. No obstante, se recomienda que la compañía realice técnicas de muestreo y aceptación para el área de facturación, por lo que se mostrará cómo implementar un muestreo secuencial al proceso para mirar la calidad de los productos de salida.

Metodología

Cartas de control

La elaboración de la carta de control P se llevó a cabo mediante la auditoría de pedidos. Para la cantidad de estos grupos y subgrupos, se tomó un tamaño con el que la distribución de la variable se aproximará a una normal, al tener la carta P una distribución binomial se requiere de un $n > 30$ para que esta se aproxime a una distribución normal, es decir, se auditó la cantidad entera de pedidos hasta obtener más de 40 artículos vistos. Como no siempre se obtendrá una muestra de 40, la carta de control tendrá límites variables. La revisión de estos pedidos tenía una frecuencia de 30 minutos y fueron tomados al azar.

La auditoría consistía en mirar si los artículos que se encontraban en la factura coincidían con los que estaban dentro del pedido, un artículo que se encontrara en la factura y no en el pedido es lo que se conoce como un “facturado no enviado” y es la variable crítica que se analizará. Esta auditoría se llevó a cabo los días 21 y 22 de noviembre del 2013, en los cuales se auditaron 153 pedidos en total, lo que corresponde a 2178 productos vistos.

Antes de realizar un análisis de los datos se debe comprobar que estos realmente tengan una distribución binomial, para ello se recurre a la prueba de bondad de ajuste, la cual permite verificar si los datos tomados provienen de una distribución específica. En este caso, la prueba de hipótesis que se analizará son:

$$H_0: F(X) \sim \text{Binomial}$$

$$H_a: F(X) \sim \text{Función}$$

Para los datos obtenidos se muestra que el valor-P, que se obtiene luego de correr el test, tiene un valor de 0,777, al ser este valor mayor que el nivel de significancia (0,05), se logra demostrar que los datos obtenidos tienen una distribución binomial.

Al proceso de facturación de la compañía Marketing Personal S. A. nunca se le han aplicado técnicas estadísticas para realizar una mejora, luego, la carta de control debe tener unos límites de control anchos para que no se presente un desorden al momento de empezar a hacer el análisis. Las características de la carta son:

$$L = Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = 3.2$$

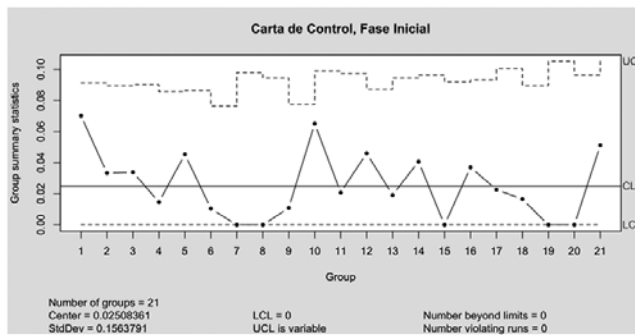
$$\alpha = 0.00138$$

$$ARL_0 = 725$$

$$ARL_1 = 1.16$$

Los valores que toman ARL_0 y ARL_1 son la cantidad de datos que se espera tomar antes de encontrar una falsa alarma y el número de muestras necesarias para detectar un corrimiento con un punto fuera de los límites de control [10]. La carta de control para la fase inicial se presenta a continuación:

Figura 1: Carta de control, fase de ajuste, $L=3,2$.

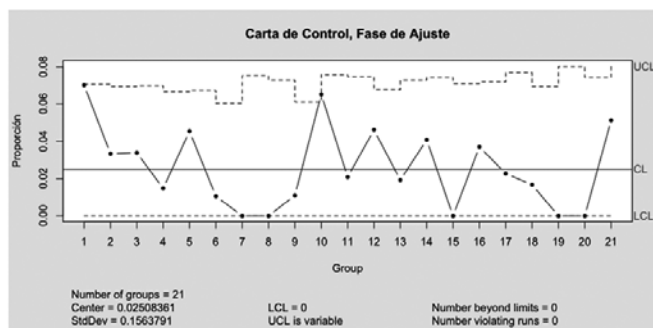


En la carta de control se puede observar que el límite central se encuentra cerca del límite inferior, a su vez, existe gran cantidad de datos que se encuentran por debajo de esta línea y muy cercanos a cero, que es el punto ideal del proceso, ya que indica que se tienen cero artículos facturados no enviados. Por lo tanto, una carta de control bilateral no es realmente necesaria, lo que se buscará es un control del límite superior. Es necesario realizar un cambio de una carta bilateral a una carta unilateral, para ello es necesario reevaluar el valor de L , manteniendo alfa constante ($\alpha = 0.00138$)

$$L = Z_{1-\alpha} = Z_{0.99862} = 3$$

La carta de control unilateral se muestra a continuación:

Figura 2: Carta de control, fase de ajuste, $L=3$.

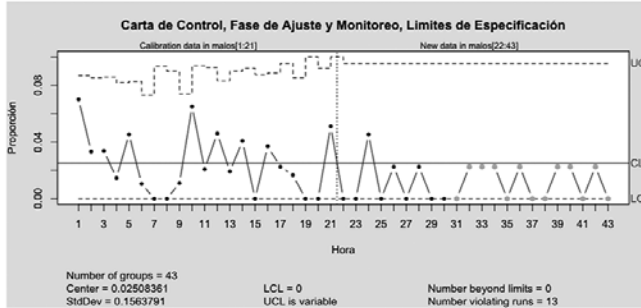


Aunque la nueva carta de control unilateral no presenta puntos fuera de control ni patrones aleatorios, se observa que la primera y décima muestra se encuentran muy cercanas a los límites. Pese a que la carta tiene estos comportamientos aleatorios, el proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones dadas por la compañía, por eso se intentará reducir la cantidad de artículos facturados no enviados.

El no cumplir con las especificaciones de la compañía no es un problema como tal del proceso, es una restricción que viene dada por la parte administrativa y como tal se debe cumplir. Un proceso en el cual los límites de control se encuentran fuera de los de especificación es uno en el cual se deben tomar medidas preventivas, porque pueden presentarse grandes insatisfacciones para el cliente.

Se procedió a incentivar el personal, con pequeñas charlas acerca de la importancia de trabajar con buena calidad. A su vez, se dio un leve llamado de atención al personal bajo el cual sus pedidos se encontraban con artículos facturados no enviados para que entraran en reconocimiento del error que estaban cometiendo; una vez realizados estos cambios, se procedió a tomar los datos de la fase de monitoreo, estas muestras se tomaron al siguiente día. La carta de control conserva las mismas características iniciales.

Figura 3: Carta de control, ajuste y monitoreo.



Una vez encontradas las causas asignables de cualquier comportamiento no aleatorio en la fase de ajuste, se procede a recalcular los límites de control para dejarlos fijos en la fase de monitoreo. Debido a que no existió ningún punto que pueda ser eliminado, se procedió a dejar el límite de la fase de ajuste fijo y no variable. La fase de monitoreo tiene los mismos límites de control que el punto 17 de la fase de ajuste, este punto fijó los límites debido a que la cantidad de artículos vistos ($n=44$) se aproximaba a la cantidad promedio de artículos auditados en la fase de monitoreo.

En la nueva carta de control se presentaron los datos de la fase de ajuste y los de la fase de monitoreo. Se puede observar que en el monitoreo no se presentaron problemas en la fase de calentamiento, y se logró disminuir ampliamente la cantidad de artículos sin defecto. Aunque lo ideal es cero artículos defectuosos, es recomendable no dejar el estudio hasta acá, sino continuar con el análisis longitudinal del proceso y empezar a reducir los límites de control para hacer de este un proceso más exigente.

La carta de control permitió observar que en los dos días de auditoría el proceso fue completamente diferente, debido a la baja variabilidad que existe en la fase de monitoreo, por lo tanto, se puede concluir que el comportamiento del proceso varía de acuerdo a la cantidad de pedidos que se deben facturar, ya que esta fue la única variable disímil que existió entre los datos de ajuste y monitoreo. Por lo tanto, los datos de monitoreo se deben volver datos de ajuste para el proceso de facturación cuando existen pocos pedidos que facturar (menos de 3500).

Análisis de estabilidad

El análisis de estabilidad se llevó a cabo con los datos que fueron tomados en la fase de monitoreo. Para este se usó la siguiente ecuación:

$$\text{índice de inestabilidad} = \frac{\text{Puntos especiales}}{\text{Puntos totales}} * 100$$

Los puntos especiales equivalen a los 12 puntos que presentan un desplazamiento en la carta de monitoreo.

$$\text{índice de inestabilidad} = \frac{12}{22} * 100 = 54.5\%$$

Al ser el valor del índice de inestabilidad mayor al 15%, el proceso es inestable; es recomendable encontrar posibles causas que lo estén afectando y entrar en un ciclo PHVA.

Análisis de capacidad

La capacidad del proceso viene dada por:

$$\text{Capacidad} = C_p = \frac{LES - LEI}{2 * L * \sigma}$$

$$C_p = \frac{0.05 - 0.00}{2 * 3 * 0.156} = 0.0534$$

Al ser un valor tan pequeño no es aceptado. Luego, el proceso no cumple con las especificaciones para aumentar el valor de la capacidad, se requiere disminuir la varianza de los artículos facturados no enviados.

La capacidad real del proceso se conoce como C_{pk} , y está dada por:

$$C_{pk} = \frac{LES - \mu}{3 * \sigma} = \frac{0.05 - 0.025}{3 * 0.156}$$

$$C_{pk} = 0.0534$$

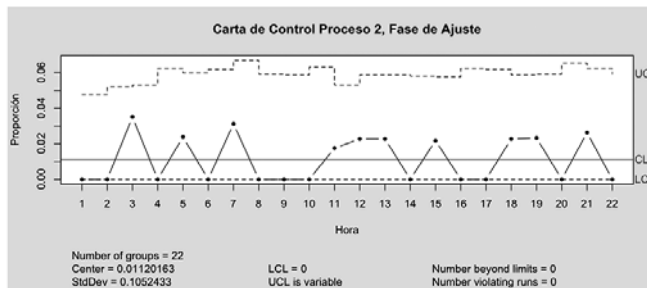
Como el valor de C_{pk} es aproximadamente igual que C_p la media del proceso se encuentra centrada con la media de especificación.

En conclusión, se puede decir que los límites de control del proceso se encuentran sobre los de especificación y que la media del proceso se encuentra cercana a la media de especificación.

Fase de ajuste

Anteriormente se había concluido que la fase de monitoreo presentó comportamiento como un proceso completamente diferente, debido a la poca varianza que se vio en la carta de control. Al tener este comportamiento tan peculiar, se recomienda que estos puntos sean llevados a una fase de ajuste para poder empezar a implementar técnicas de control sobre este nuevo proceso. La carta de control para esta nueva fase de ajuste se presenta a continuación:

Figura 4: Carta de control, fase de ajuste 2.



Es importante resaltar que esta nueva carta tiene las mismas condiciones iniciales que la carta anterior. Esta no presenta comportamientos no aleatorios o puntos fuera de los límites de control, se da como recomendación a la compañía continuar con la fase de monitoreo del proceso.

Sistema de Gestión de la Calidad

Revisión de normas

Al prestar la compañía solo servicios de logística en el empaque y despacho de los pedidos, las normas ISO que puede implementar son muy escasas. En este caso se recomendarán las normas NTC ISO 3394, NTC 5693, NTC 5500. Cada una se explica a continuación:

Norma NTC-ISO 3394, Embalajes. Dimensiones de Embalajes Rígidos Rectangulares. Embalajes para Transporte

Esta norma establece unas dimensiones del empaqueo de embalajes rígidos rectangulares, basado en una dimensión estándar de 60 mm X 400 mm [2].

Norma NTC 5693-1, Ergonomía. Manipulación Manual

Esta norma permite especificar los límites recomendados para el levantamiento y transporte manual, teniendo en cuenta, respectivamente, la intensidad, la frecuencia y la duración de las tareas. Esta cuenta con una serie de términos y definiciones que deben ser leídas y correctamente interpretadas para un adecuado funcionamiento.

Dicha reglamentación evalúa las condiciones bajo las cuales el levantamiento de objetos es adecuado y ergonómico, para ello establece algunos criterios de aceptación. Principalmente, es un análisis manual no repetitivo en condiciones ideales. Esta norma presenta unos límites recomendados para la masa del objeto.

El siguiente paso se usa en caso de que las tareas sean repetitivas. Se requiere determinar la masa del objeto en combinación con la frecuencia de levantamiento. Si estos límites no se cumplen, se ve necesaria la adaptación de mecanismos externos que ayuden a la tarea. El cálculo de estos límites se da con:

$$M \leq m_{ref} = h_m * V_m * d_m * a_m * f_m * c_m$$

Donde:

M: masa del objeto en kg.

m_{ref}: masa de referencia.

h_m: multiplicador de distancia horizontal.

V_m: multiplicador de ubicación vertical.

d_m: multiplicador de desplazamiento vertical.

a_m: multiplicador de asimetría.

f_m: multiplicador de frecuencias.

c_m: multiplicador de acoplamientos.

Se recomienda consultar la norma para lograr un correcto análisis de cada parámetro. Esta norma establece un límite de recomendación para masa acumulada por día, el cual se calcula como el producto de la masa y la frecuencia de transporte. La referencia de la masa nunca debe exceder los 25 kg y la frecuencia debe ser inferior a 15 veces/minuto, siempre y cuando se consideren condiciones ideales. El límite recomendado por la norma para la masa acumulada de transporte manual es de 10000 kg por 8 h, cuando la distancia de transporte es corta (menor que 20 m). En caso de ser una distancia larga (mayor que 20 m), se debe disminuir a por 8 h. A su vez, se recomiendan límites para la masa acumulada en relación con la distancia, y para un correcto análisis de esta. Los límites se encuentran estipulados en una tabla [4].

Para la implementación de esta norma en el área de facturación es correcto empezar por encontrar un peso promedio por caja, y la distancia que estas cajas son transportadas. Una vez conocidos estos valores, se debe recurrir a las ecuaciones y tablas que posee la norma para estipular un correcto levantamiento y frecuencia de los productos, sin afectar la ergonomía de los empleados. En caso de no encontrarse en condiciones ideales, se recomienda recurrir al anexo A de la norma, el cual establece las acciones correctivas que se deben implementar [4].

NTC 5693-3, Ergonomía. Manipulación de Cargas Livianas a Alta Frecuencia

Esta norma da una orientación para identificar y evaluar factores de riesgo que se encuentran relacionados con el levantamiento de cargas livianas a alta frecuencia, lo que permite la evaluación de los riesgos relacionados con la salud de los trabajadores.

Para una correcta implementación de esta norma, se recomienda realizar una lectura de la sección 3, la cual habla de términos y definiciones básicos, que son necesarios para un fácil entendimiento de esta.

Esta norma recomienda cuatro (4) pasos para evitar la manipulación repetitiva, estos son: la identificación del peligro, la estimación del riesgo, la evaluación del riesgo y la reducción del riesgo. La valoración del riesgo se debe realizar mediante una evaluación simple del riesgo de trabajos compuestos por una sola tarea repetitiva, como lo es el proceso de *picking* y escaneo. Para lograr esta evaluación se recomiendan los siguientes pasos:

1. Información preliminar que describe el área de trabajo.
2. Procedimiento y lista de verificación que identifique el peligro y la estimación del riesgo.
3. Evaluación total del riesgo.
4. Acción correctiva para tomar.

La estimación del riesgo que se usa permite clasificar el nivel de este mediante el enfoque de tres zonas (verde, amarillo y rojo), lo cual ayuda a determinar la acción siguiente. La explicación se presenta a continuación:

- **Zona verde (riesgo aceptable):** es riesgo de nivel bajo, no requiere acción
- **Zona amarilla (riesgo medio):** el riesgo debe estimarse usando evaluaciones más detalladas para poder controlarlo y rediseñarlo una vez es mejorado.
- **Zona roja (no aceptable):** es necesaria una acción inmediata para reducir el riesgo.

Una vez encontrados los factores de riesgo se procede a una reducción de este, para ello se recomienda evitar o limitar la manipulación repetitiva por largos periodos, diseñar áreas y objetos apropiados para el trabajo [5].

Norma NTC 5500, Gestión en el Transporte de Carga Terrestre

Esta norma establece los requisitos mínimos necesarios para el desarrollo y la gestión de sistemas de información en el transporte de carga por carretera, que brinde instrumentos de análisis para la operación del servicio seguro y eficiente. Está dividida en tres partes que abarcan el sistema de información, el personal, operación y prestación del servicio. Esta norma tiene definiciones básicas que deben ser leídas e interpretadas correctamente para la implementación de la norma.

La norma empieza identificando los datos básicos de la compañía que están involucrados con la seguridad del servicio prestado. Esta establece información requerida para la empresa, el vehículo, información del conductor y tripulantes, información del propietario o poseedor, información de productos por transportar, información de rutas y vías, y reporte de información.

Toda esta información debe ser enviada a la central de datos y se tiene que encontrar en el Sistema Internacional de Unidades. La información de esta base de datos debe ser de acceso restringido y se debe tener un control de quienes accedan o no a la información, para lo cual se recomienda realizar una activación de la información de forma física o magnética, con condiciones de aseo e iluminación. Esta información debe estar claramente identificada y se recomienda la utilización de un código único de identificación (CUI).

Para la implementación de esta norma se recomienda la plena lectura de las definiciones básicas. A su vez, empezar a llenar el formulario con la información requerida en la norma, que debe estar guardada en una central de datos. Esta información debe ser completada cada vez que se despache un camión de carga con los pedidos de *marketing* [3].

Evaluación del Sistema de Gestión de la Calidad

Actualmente, la compañía carece de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC), esto se presenta por la falta de conocimiento de la importancia y ventajas que presenta uno. No obstante, cabe resaltar que la implementación de este no presentaría grandes contratiempos debido a la dedicación y sentimiento personal de la gran mayoría de los empleados hacia la compañía.

Al momento de desear implementar un SGC en una compañía, se tiene señal de que la empresa desea permanecer en el mercado y ser más competitiva; esto, debido a que el SGC tiene como objetivo principal conocer y satisfacer las necesidades de los clientes. Para poder implementar un SGC es necesario que se conozcan a fondo las necesidades y características de la empresa o, en este caso, del proceso. Para que la implementación del sistema tenga éxito se requiere que los directivos comprendan la necesidad de establecer una cultura de la calidad, manejar una cultura centrada en el cliente, inculcar la idea de hacerlo bien desde la primera vez, entre otros.

Pasos para la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad

La implementación de un SGC tiene grandes ventajas debido a que tiene un enfoque mejorado hacia el cliente, reducción de los costos, insatisfacción, mayor confianza de los clientes, preservación del conocimiento en la organización, entre otros.

El primer paso para la implementación de este es evaluar las necesidades y metas de la organización que se quieren alcanzar con el SGC; pueden ser objetivos tales como la satisfacción de los clientes o una mayor participación en el mercado.

El siguiente paso consiste en realizar una retroalimentación de las familias de la normas ISO 9000, con el fin de entender los requisitos de estas. Para una mayor explicación se muestran las normas a continuación:

Norma ISO 9000

Son una familia de normas que establecen el orden en la implementación, operación y mantenimiento de los sistemas de gestión de la calidad para todo tipo y tamaño de empresas. La norma ISO 9000 está constituida por tres normas básicas, las cuales son:

- **ISO 9000:** esta habla de los sistemas de gestión de la calidad, sus fundamentos y vocabularios. Esta es considerada como un punto de partida para la implementación de los los mismos [6].
- **ISO 9001:** esta considera un método de trabajo óptimo centrado en los sistemas de gestión de la calidad, usado para cumplir efectivamente con los requisitos del cliente y con los reglamentos aplicables, para conseguir e incrementar la satisfacción del cliente.
- Esta norma está compuesta por ocho secciones, las cuales son consideradas como las bases de cualquier proceso. Tres secciones establecen una introducción, objetivos, términos y definiciones, las cinco secciones restantes hablan de los sistemas de gestión, responsabilidad de la dirección, gestión de recursos, realización del producto, medición y análisis de mejora [7].

- **ISO 9004:** también conocida como “sistemas de gestión de la calidad, gestión para el éxito sostenido”, esta norma proporciona ayuda para la mejora del sistema de gestión de calidad, y muestra cómo se benefician todas las partes de la compañía a través del mantenimiento de la satisfacción del cliente [8].

Una vez realizada la retroalimentación de las normas ISO, es recomendable que la empresa busque un consultor con experiencia para ayudar a la implementación de la normatividad. Esta contratación se puede dar solamente para capacitar el personal con el fin de facilitar el desarrollo del sistema y así sensibilizar a quienes realizan actividades que afectan la calidad del proceso.

La compañía debe realizar un autodiagnóstico de los componentes actuales que poseen y los exigidos por la norma ISO 9001, una vez encontradas estas faltas, se procede a eliminarlas. La compañía debe decidir qué personal estará involucrado en el desarrollo del SGC, es necesario nombrar representantes, líderes de apoyo, hombres claves y supervisores técnicos, cada uno con sus funciones generales establecidas. El personal involucrado en la implementación del SGC debe entender cómo se aplica el SGC a los subprocesos que se llevan en el área de facturación y hacer énfasis en el capítulo 7 de la norma ISO 9001, el cual toca áreas como los procesos relacionados con el cliente, diseño y desarrollo del servicio, compras, producción y suministros del servicio y control de los dispositivos de medición.

Por último, se debe preparar un manual con los requisitos exigidos por la compañía, en el cual se unifiquen los requisitos de esta con los planteados en la norma ISO 9001. El manual debe incluir actividades por realizar, recursos requeridos y tiempo estimado para cada actividad. En este manual se deben estipular fechas para realizar auditorías internas con el fin de ver el estado del proceso y mirar su calidad, es importante que estas auditorías se realicen periódicamente y recordar que los procesos se encuentran en constante mejora [11].

Matriz DOFA

En la matriz DOFA que se presenta a continuación se realizó un análisis de la organización enfocado hacia las condiciones en las cuales se encuentra la empresa para iniciar el proceso de implementación del SGC. En esta se puede ver que la compañía

posee grandes ventajas y fortalezas que facilitan la implementación de este sistema (tabla 01, presentada al final del artículo).

Muestreo de aceptación

Muestreo actual

Actualmente, la compañía cuenta con un plan de muestreo y aceptación de lotes que llegan de la materia prima. Este muestreo se lleva a cabo con una tabla normal Militar Estándar 105E y un nivel de calidad aceptable de 0,10. La compañía desconoce los usos de la curva de operación y los riesgos del productor y del consumidor. El muestreo de aceptación es un poco empírico y no se ha hablado del uso de las tablas rigurosa y reducida, por ello, se llevará a cabo una recomendación enfocada al uso de las nuevas tablas y la interpretación de las curvas de operación.

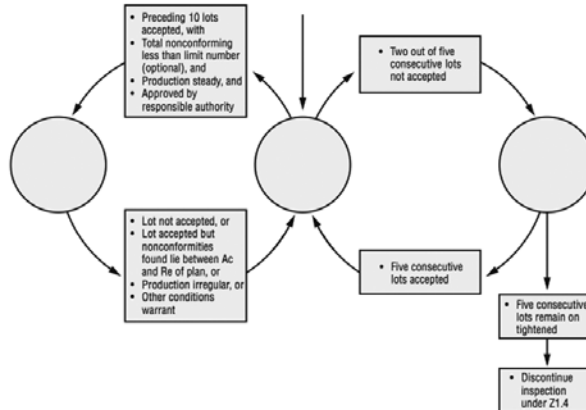
Implementación de Tabla Militar Estándar Reducida y Rigurosa para la Aceptación de Lotes

La implementación de las tablas rigurosa y reducida ayudará a la compañía en la aceptación de lotes y creará confianza con los proveedores que manejan una calidad alta, a su vez, le exigirá una mejor calidad a los que mantienen bajos estándares. Para la implementación de estas tablas se debe establecer un continuo seguimiento de los proveedores para saber a cuáles se les debe aplicar o no un seguimiento riguroso o reducido. Asimismo, se debe capacitar al personal encargado de realizar el muestreo para que este siempre sea aleatorio y se hagan las correctas mediciones.

La eficacia en la implementación del muestreo se encuentra en la norma NTC-ISO 2859, la cual se encuentra dividida en seis tomos que hablan de planes determinados por el nivel aceptable de calidad para la inspección de un lote, planes de muestreo para la calidad límite, procedimientos de inspección para un nivel de calidad establecido, procedimientos de muestreo intermitentes, sistemas de planes de muestreo secuenciales por nivel de calidad aceptable.

Es recomendable que para los cambios de una tabla normal, reducida y rigurosa se tengan en cuenta las siguientes reglas:

Figure 5: Reglas para el cambio de la inspección normal, reducida y rigurosa [1].



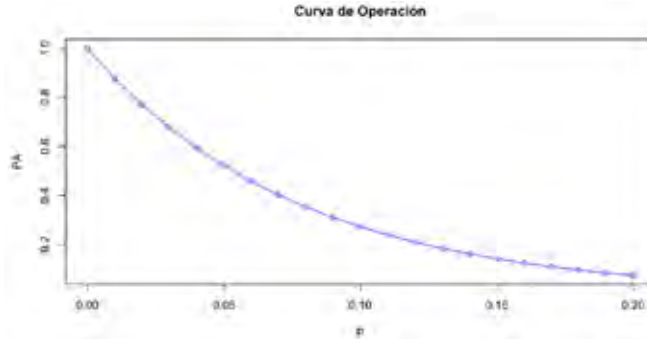
Implementación de un muestreo de aceptación secuencial en el área de facturación

La compañía carece de una auditoría de pedidos que permita evitar los problemas que se presentan al final del empaque de los productos. La importancia de este sistema de auditorías tiene como fin evitar lote de pedidos con alto nivel de facturación y, además, ayudará a la implementación de cartas de control para tener un análisis longitudinal del proceso, esta implementación repercutirá de manera positiva en el proceso de facturación.

La implementación de un muestreo secuencial artículo por artículo tiene como fin establecer unos parámetros para los cuales se considera un lote defectuoso, aceptable o en continuo muestreo. El primer paso para este es calcular unos valores para P_1 , α , P_2 y β . En este caso se recomienda tener un valor de $\alpha = 0.22$, $\beta = 0.40$, $P_1 = 0.02$ y $P_2 = 0.07$, y los valores que toman P_1 y P_2 vienen dados por el límite central y el límite superior de la carta de control, y los de alfa y beta vienen dados por la imagen en el eje Y, de la curva de aceptación evaluada en el punto P_1 y P_2 .

La curva de operación indica la probabilidad de que un lote con cierta fracción de defectuosos sea aceptado o rechazado, la curva de aceptación para un nivel de calidad aceptable del 2 % y una tolerancia de porcentajes de defectuosos de un lote del 7 %, con un tamaño de muestra de 13 pedidos (más adelante se explicará cómo se halla), se muestra a continuación:

Figura 6: curva de operación.



El valor de P_1 se conoce como el nivel de calidad más pobre del proceso de facturación que se está dispuesto a aceptar. Esta es una propiedad del proceso de facturación y no del proceso de auditoría. El valor de P_2 es el nivel de calidad más pobre que el consumidor está dispuesto a aceptar por lote [9].

La interpretación de los valores da como resultado un plan de muestreo que tendrá un 22 % de probabilidad de rechazar un lote que tiene un 2 % de defectos y un 40 % de probabilidad de aceptar un lote que posee un 7 % de artículos defectuosos [1]. El área que definirá la continuación del lote está dada por las siguientes ecuaciones:

$$X_A = -h_1 + sn, \text{ línea de tolerancia}$$

$$X_A = h_2 + sn, \text{ línea de rechazo}$$

$$K = \log \frac{P_2(1 - P_1)}{P_1(1 - P_2)}$$

$$s = \frac{\log \frac{1 - P_1}{1 - P_2}}{K}$$

$$h_1 = \log \frac{1 - \alpha}{\beta} * K$$

$$h_2 = \log \frac{1 - \beta}{\alpha} * K$$

Para valores dados, se obtienen los siguientes parámetros:

$$K = 0.5668$$

$$s = 0.04012$$

$$h_1 = 0.1615$$

$$h_2 = 0.2372$$

$$X_A = -0.1615 + 0.04012n$$

$$X_R = 0.2372 + 0.04012n$$

Para cada valor de n existe un intervalo de rechazo y de aceptación. Este valor depende de la cantidad de pedidos que se van a facturar al día. Si en un día se despachan 4000 pedidos y se trabajan nueve horas, se facturará un promedio de 450 pedidos por hora, esta cantidad de pedido equivaldrá a lo que se llamará como un lote. Recurriendo a las tablas “letras de código para el tamaño de la muestra” se tomará una muestra de 13 pedidos para auditar y se procederá a realizar el plan de muestreo secuencial hasta que se obtenga un punto sobre la línea superior para rechazar el lote o por debajo de la línea de aceptación para aceptar el lote. En caso de que se permanezca en la zona de “continuar el muestreo” se llevará acabo la auditoría hasta que se tengan 39 pedidos vistos (tres veces la muestra normal); si en esta última muestra no se logra una decisión, se recomienda proceder a una auditoría del 100 % para corregir los pedidos que se encuentran con errores.

Graficando las líneas de aceptación y rechazo, se puede observar que ningún lote se va a poder aceptar hasta tener más de 14 muestras vistas.

Este tipo de muestreo puede llegar a ser muy rápido o se puede extender hasta lograr tener un resultado, además, puede ser elaborado por una menor cantidad de personas, no es tan monótono y puede ser aplicado a ensayos destructivos y existe una oportunidad menor de daños en el producto.

Conclusiones

A partir de la carta de control se logra concluir que existe una diferencia en el proceso de facturación cuando se tiene un volumen alto de pedidos que cuando se tiene un volumen bajo. Para poder continuar con el estudio se le recomienda a la compañía la implementación de dos cartas de control diferentes dependiendo de la cantidad de pedidos que se van a empacar. Estas cartas de control ayudan a realizar un análisis longitudinal del proceso.

Aunque la carta de control bilateral de la fase de ajuste indica que el proceso se encuentra bajo control estadístico debido a la ausencia de puntos no aleatorios, el proceso tiene problemas con los límites de especificación debido a que estos son más estrechos y están centrados, como se pudo observar en el análisis de capacidad.

La compañía debe implementar el uso de las tres tablas Militar Estándar y las reglas para pasar entre las tablas, con el fin de tener siempre productos de alta calidad. Es importante que para el correcto uso de estas se capacite al personal.

Empezar a realizar auditorías e implementar un muestreo de aceptación al final de la línea de facturación le ayudará a la compañía a disminuir el porcentaje de pedidos con artículos defectuosos.

La implementación de un sistema de gestión de la calidad es un paso que debe dar la compañía para establecer un enfoque centrado en las satisfacciones del cliente. La creación de este ayudará a que los procesos entren en mejora continua y se logren implementar diferentes normas ISO, como la ISO 9000 y NTC 5693.

Referencias

1. Borrór, M. (2008). *The certified quality engineer handbook*. Winsconsin.
2. ICONTEC INTERNACIONAL. (2007). NTC-ISO 3394 embalajes rígidos rectangulares, embalajes para transporte. Bogotá.
3. ICONTEC INTERNACIONAL. (2009). NTC 5500, gestión en el transporte de carga terrestre. Bogotá.
4. ICONTEC INTERNACIONAL. (2009). NTC 5693-1, ergonomía manipulación manual. Bogotá.
5. ICONTEC INTERNACIONAL. (2009). NTC 5693-2, ergonomía manipulación de cargas livianas de alta frecuencia. Bogotá.
6. ICONTEC INTERNACIONAL. (2005). ISO 9000, sistema de gestión de la calidad: fundamentos y vocabulario. Bogotá.
7. ICONTEC INTERNACIONAL. (2008). ISO 9001:2008, sistema de gestión de la calidad: requisitos. Bogotá.
8. ICONTEC INTERNACIONAL. (2008). ISO 9004, sistema de gestión de la calidad: gestión para el éxito sostenido. Bogotá.
9. Montgomery, C. (2008). *Control estadístico de la calidad*. México D. F.

10. Rondon, D. (2014). Proceso de selección de una variable crítica, Medellín.
11. Bobadilla, P. (2013). Generalidades de la planificación. Bogotá: Servicio Nacional de Aprendizaje.

Tabla 1: Matriz DOFA

Factores Externos	Factores Internos	Fortalezas	Debilidades
<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ventajas internas de la compañía debido a que se logrará tener procesos y objetivos bien definidos. • Crear un indicador que permita medir cuantitativamente el nivel de satisfacción de los empleados. 	<p>Fortalecer los niveles de calidad de las operaciones y procesos internos de la compañía.</p>	<p>Realizar capacitaciones sobre la importancia del SGC, sus ventajas y desventajas.</p>	
<p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gran competencia externa. • Gran cantidad de proveedores. 	<p>La implementación del sistema de gestión de calidad generará una ventaja sobre la compañía y creará mayor exigencia a la gran cantidad de proveedores que se conocen.</p>	<p>Crear una documentación de los procesos que facilite el flujo de estos en la compañía, a su vez, sobre esta documentación se puede elaborar un estudio de tiempo que elimine los tiempos muertos o desperdicios para hacer de la compañía un lugar más productivo.</p>	

Implementación procedimiento para producto no conforme según NTC ISO 9001:2008

Henry Nelson Bedoya Parra

Instituto Tecnológico Metropolitano
ITMedellín –Colombia
3117282989
hen.be80@gmail.com

Juan Esteban Muriel Villegas

ITM
Medellín - Colombia
juanmuriel@itm.edu.co

Resumen

La brecha creciente entre las prácticas higiénicas para la garantía de la inocuidad en los alimentos y la necesidad social de demandar productos sanos generan aprietos para crear mecanismos de garantía, de modo que los procesos internos de las organizaciones que procesan alimentos ofrezcan alternativas de mejoramiento para asegurar la calidad y la inocuidad de los alimentos procesados y no procesados. Este trabajo presenta un diagnóstico y la implementación de una propuesta en una empresa del valle de Aburrá en el sector de alimentos crudos no procesados. Los resultados evidencian la complejidad en el manejo de los productos no conformes y confirman la necesidad de mantener la implementación de técnicas y métodos que garanticen la inocuidad y calidad de los productos ofrecidos.

Abstract

The widening gap between the hygienic practices for ensuring food safety and the social need to demand healthier products, generate trouble to create assurance mechanisms, so that the internal processes of organizations that process food, offer alternatives betterment to ensure the quality and safety of processed and foods. This paper presents the implementation of a proposal for a company at valle Aburrá in the area of raw unprocessed foods. The results show the complexity in the management of non-compliant products and confirm the need for the implementation of techniques and methods to ensure the safety and quality of products offered.

Palabras clave

Producto no conforme, proceso productivo, normalización, estandarización, instructivos, material cárnico.

Introducción

Empresa de alimentos que desde sus inicios operacionales centra la actividad económica en el procesamiento y la conservación de la carne, teniendo grandes cambios y transformaciones en: infraestructura, actualizaciones tecnológicas, mejoramiento en redes operacionales y de proceso, brindando oportunidad de crecimiento competente y profesional al recurso humano, acorde con las necesidades del mercado nacional y mundial.

En el ámbito administrativo ha buscado garantizar que todos los procesos de la organización se desarrollen apoyados en el mismo lineamiento: “Trabajar bajo el mejoramiento continuo de los procesos ambientes laborales seguros , garantizando la inocuidad, usando eficientemente los recursos, reduciendo los impactos ambientales con desarrollo sostenible y cumpliendo los requisitos legales”[1].

Teniendo como objetivo central “proveer de materia prima cárnica a plantas procesadoras y a los clientes comerciales en general, de forma oportuna, teniendo flexibilidad en los procesos, al mejor costo y con los estándares de calidad requeridos, para generar rentabilidad y bienestar”[1].

Sin embargo, ha encontrado a lo largo del tiempo resultados inesperados, en gran parte a causa de la falta de normalización en los procedimientos y documentos.

Planteamiento del problema

Actualmente, la empresa no cuenta con la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) que le permita la normalización y estandarización de los procedimientos y documentos, con el propósito de garantizar los requisitos del proceso y la satisfacción del cliente. Como consecuencia, existen falencias en la gestión efectiva y oportuna de cada uno de los elementos de los procesos. En el 2012 se reprocesaron internamente 4582,6 kg de material cárnico, los cuales no cumplían con los requerimientos del cliente [2]

La gestión documental, normalización y control de documentos no cuenta con un flujo y una trayectoria consecuente con el momento de gestionar adecuadamente actividades, cambios o desviaciones. Según los resultados obtenidos en el segundo ejercicio de trazabilidad, del 2012, en la planta se encontraron diferentes incumplimientos: inconsistencias en el diligenciamiento de formatos, materiales sin identificación, formatos sin registros, incumplimiento en procedimientos para el control, distribución y normalización de formatos dentro del proceso, entre otros [3].

De acuerdo con los problemas anteriormente planteados, se ejecutó un diagnóstico bajo los requerimientos del SGC ISO 9001:2008, que permitiera identificar necesidades claras para poder controlar y gestionar eficazmente los recursos en las principales áreas de la empresa, como Direccionamiento Estratégico, Incorporación Tecnológica–Gestión del Diseño, Gestión de Abastecimiento, Gestión de Programación y Producción, Gestión de Distribución, Desarrollo Humano y Organizacional, Gestión de Calidad, Gestión de Mantenimiento y Equipos, Gestión de Medición de Equipos y Gestión de la Información.

Este diagnóstico brindará a la planta de deshuese, en el futuro, actividades concretas y planes de acción para la implementación y certificación bajo la norma ISO 9001:2008, trayendo consigo beneficios e impactos, como: (1) mayor satisfacción al cliente, al adoptar un enfoque basado en procesos y mejora de la eficacia en el SGC. (2) Integración de las actividades en los procesos, de forma que los recursos y los elementos de entrada se transformen en resultados deseados. (3) Comprensión y cumplimiento de los requisitos. (4) Gestión de los procesos en términos de la creciente generación de valor con base en la medición objetiva. [4].

Objetivo general

Normalizar documentos, procedimientos e instructivos que garanticen el control, manejo y destino de las no conformidades referentes a productos no aptos para el consumo humano, como parte del proceso de gestión de la calidad.

Descripción del proyecto

Para llevar a cabo el logro del objetivo es necesario diagnosticar los diferentes elementos del sistema productivo de la planta, mediante la recopilación de información de cada una de las áreas productivas y medir de forma cuantitativa el actual SGC, con respecto a la NTC ISO 9001:2008.

Se crearán y normalizarán documentos que garantizan el manejo adecuado del material cárnico no apto para el consumo humano, derivado de los subproductos y diversos materiales no conformes en el proceso, mediante el análisis en los diferentes puestos de trabajo donde se generan, teniendo como foco la aplicación de diferentes métodos que garanticen el correcto manejo y destino.

Marco teórico

Familia ISO 9000

Desde los inicios de la evolución humana es posible afirmar que se ha venido trabajando en la calidad y la competitividad, a través de los diferentes procesos de intercambio, trueque, manufactura, industrialización, prestación de servicios, entre otros. Se han desarrollado herramientas que permiten confianza en la sociedad (usuarios y consumidores), al demostrar la capacidad con los requisitos o requerimientos que satisfacen necesidades explícitas e implícitas. Herramientas tales como: fichas técnicas, modelos de muestreos e inspección, control estadístico de procesos, especificaciones, acreditación y certificación de personas, procesos o procedimiento, por medio de un acto mediante el cual una parte intermedia e independiente valida los requisitos mínimos en una organización. Son ejemplos claros de mecanismos que han permitido a la industria y a la economía mundial un crecimiento y desarrollo acelerado hacia la globalización [5].

En la actualidad se tiene un modelo específico que sirve como herramienta en una organización para demostrar a las partes interesadas la capacidad para cumplir con los requisitos del cliente: legales, reglamentarios aplicables al producto o servicio y a la organización; se trata de los sistemas de gestión de la calidad (SGC), la norma ISO 9001 [4].

La ISO (Organización Internacional para la Normalización) es un ente con miembros en el ámbito mundial, que se encargan de promover y preparar las normas a través de comités técnicos de ISO en colaboración con organizaciones internacionales públicas y privadas. Los comités técnicos están formados por tres tipos de miembros: simples, correspondientes y suscritos, cuyo propósito, por medio de la construcción de las normas, es facilitar el comercio, la transferencia de tecnología e intercambio de información [4].

La familia ISO son básicamente cuatro normas que se apoyan en otros documentos para su comprensión e implementación:

- ISO 9000. Especifica el SGC fundamento y vocabulario.
- ISO 9001. Aparte de especificar el SGC, amplía los requisitos para su aplicación.

- ISO 9004. Especifica el SGC y las directrices para el mejoramiento del desempeño.
- ISO 19011. Especifica las directrices para las auditorías de los SGC y los ambientales [5].

La primera serie ISO fue publicada en 1987 con la denominación ISO 9000, su principal objetivo fue dar a entender las normas, por medio de los términos fundamentales usados en las familias ISO. Fue revisada para validar su funcionalidad y aplicabilidad por primera vez en 1994 y, por segunda vez, en el 2000. Usualmente, estas normas se revisan cada cinco años [6].

La ISO 9001 inicia su aplicabilidad para la comprensión de las normas, ya que define los vocablos utilizados en la familia ISO 9000, donde se especifican los requisitos y la eficacia que debe tener el SGC para dar cumplimiento a los requisitos del cliente, mediante la capacidad de garantizar conformidad en el proceso. Es utilizada normalmente con fines de certificación en términos contractuales con proveedores y clientes. La ISO 9004 orienta el SGC sobre la mejora continua en los procesos, para el cumplimiento de las necesidades de las partes involucradas, pero no es utilizada con fines de certificación, ya que no establece requisitos; solo define las directrices para la mejora continua del sistema productivo en la organización [5].

En conclusión, la ISO 9001 e ISO 9004 son normas coherentes, que relacionan la gestión de la calidad en todas las actividades internas de la organización, orientando su esfuerzo en la mejora continua de los procesos para lograr la satisfacción del cliente, pero al final, cada una tiene un propósito en particular [5].

Metodología

Formación inicial

Actividad inicial realizada el 18 de febrero de 2013. Tuvo como objetivo divulgar las generalidades de la norma ISO 9001:2008 entre el grupo administrativo de la planta: director de planta, jefes y coordinadores de producción, mantenimiento, desarrollo organizacional, incorporación tecnológica, educación y entrenamiento microbiología, entre otros.

Para efectos de que la capacitación lograra el objetivo, se realiza mediante una conferencia, donde se comunicó con propiedad los siguientes temas:

- ¿Qué es un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2008?
- Generalidades ISO 9001:2008
- Objetivo y campo de aplicación
- Requisitos generales
- Política de calidad
- Manual de calidad
- Requisitos de la documentación
- Compromiso de la dirección
- Caracterización de procesos, actividades principales, entradas, salidas, documentos asociados y responsables.

Diagnóstico

Para la realización del diagnóstico se hizo análisis interno en la empresa, incluyendo las áreas administrativas, bajo los criterios y requerimientos generales de la NTC ISO 9001:2008, en cada uno de los procesos de la planta.

Inicialmente se llevó a cabo un trabajo de campo en toda la empresa, realizado mediante una entrevista personal a operarios y jefes de la planta, recolectando información verídica, que permitiera estructurar el estado actual de los procesos en cuanto a documentos y procedimientos actuales. Fue dirigido por funcionario de una empresa externa.

Situación actual de la empresa del SGC

Para la realización del diagnóstico en la planta, se tuvieron en cuenta doce procesos principales, enumerados en la tabla 1, del proceso 01 (P01) al proceso 12 (P12).

Cada uno de ellos se evaluó bajo los requisitos necesarios para darle cumplimiento a la norma ISO 9001:2008, según los capítulos que le aplicarán al proceso de forma general. De acuerdo con lo encontrado en la entrevista, se generó un comentario de conformidad o no conformidad de cada elemento; es decir, a cada documento o procedimiento necesario según el proceso y el requisito de la ISO 9001:2008.

Tabla 1. Procesos diagnosticados. Fuente: diagnóstico planta.

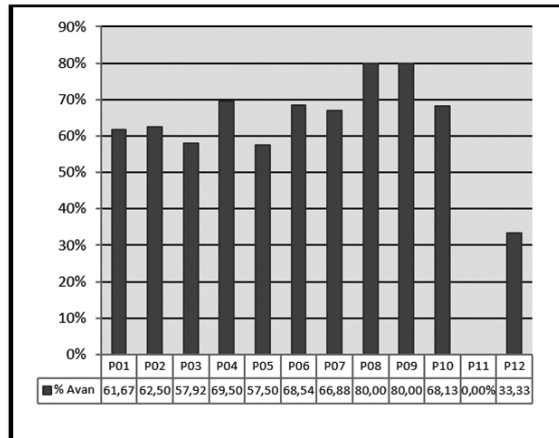
COD_PRO	PROCESOS
P01	Direccionamiento estratégico
P02	Incorporación tecnológica - gestión de diseño
P03	Gestión de abastecimiento
P04	Gestión de programación y producción
P05	Gestión de distribución
P06	Desarrollo humano y organizacional
P07	Gestión de calidad
P08	Gestión de mantenimiento de equipos
P09	Gestión de equipos de medición
P10	Gestión de la información
P11	Verificar la estrategia
P12	Gestión de la mejora

Las conformidades y no conformidades encontradas en cada uno de los procesos se evaluaron de forma ponderada dependiendo del estado actual, a la luz de siete criterios, los cuales fueron: si el procedimiento o documento se encuentra normalizado por negocio o se encuentra en borrador. Si se encuentra aprobado y publicado. Si se encuentra difundido y distribuido en el proceso. Si se tiene evidencia de la aplicación en el proceso. Si se ha medido analíticamente con alguna herramienta. Si ha sido auditado anteriormente. Y si este ha sido validado, en este caso, por alguna empresa externa o en auditorías anteriores o preauditorías internas.

A cada uno de los criterios se le asigna un porcentaje ponderado, dependiendo del grado de importancia e impacto para la implementación del SGC, porcentaje que da como sumatoria el 100 %.

Resultados del diagnóstico

Tabla 2. Procesos con sus respectivos avances en porcentaje. Fuente: diagnóstico planta.



En la tabla 2 se muestra el resultado de cada uno de los procesos, desde P01 (proceso 1) hasta P12 (proceso 12).

Procesos de la planta con avance actual. La diferencia entre 100 % y el avance actual es lo que falta para que el SGC se implemente con base en la norma ISO 9001: 2008.

Con la información cuantitativa encontrada en el diagnóstico inicial, se puede identificar que el 66,6 % de los procesos de planta se encuentran en rango de avance “medio”, es decir, ocho de los doce procesos se encuentran con una implementación del sistema entre el 40 % y el 79,99 %; esto significa tener una base sólida y un camino medianamente recorrido para la implementación del SGC ISO 9001: 2008. Por otra parte, se puede identificar que los procesos de “gestión de mantenimiento de equipos y gestión de equipos de medición” presentan un nivel de avance alto, con el 80 % de los requisitos implementados.

La implementación de un SGC significa integrar armónicamente unos elementos o procesos para desarrollar una gestión enfocada a cumplir acuerdos establecidos con los clientes, al igual que los requisitos y la legislación aplicable, teniendo enfoque proactivo ante las posibles fallas y mejora continua del desempeño [7].

Condición que se debe cumplir a plenitud en todas las etapas del proceso productivo de la planta, con el deseo y la obligación de cumplir con los requisitos del cliente, los legales y aplicables al producto; necesita generar planes de acción que den cumplimiento a las no conformidades encontradas en el diagnóstico realizado.

Si bien los procesos de verificación de la estrategia y gestión de la mejora necesitan avanzar en la implementación para la documentación de acciones de carácter institucional derivadas de la revisión por la dirección, procedimientos para la revisión de la gestión organizacional, procedimientos para la realización de auditorías internas, que armonicen los avances encaminados a la implementación del SGC. Uno de los objetos del actual proyecto es intervenir los elementos productivos desde la recepción, acondicionamiento, almacenamiento y entrega de productos terminados, con la creación del procedimiento e instructivo para el manejo de productos no conformes, que fortalezcan la implementación del sistema ISO 9001:2008 en el área de calidad. Esta presentó un avance “medio”, con el 68,88 % de la implementación.

Para dar cumplimiento a cabalidad al numeral 8.3. de la NTC ISO 9001:2008, control del producto no conforme, “la organización debe asegurarse de que el producto que no sea conforme con los requisitos del producto se identifica y controla para prevenir su uso o entrega no intencional. Se debe establecer un procedimiento documentado para definir los controles y las responsabilidades y autoridades relacionadas para tratar el producto no conforme” [4].

Propuesta de implementación de ISO 9000:2008 en el área de gestión de calidad

Con el propósito de dar cumplimiento al numeral 8.3 de norma ISO 9001:2008, en la planta de cárnicos se estructura e implementa un programa para el manejo del producto no conforme, tomando como base el sistema productivo, identificando por medio de flujogramas las etapas productivas de generación, control o eliminación de los diferentes productos no conformes que se pueden presentar.

Programa Manejo de Producto No Conforme

Para garantizar el correcto manejo y destino de los materiales, productos y subproductos no aptos para el consumo humano en todas las áreas productivas, se

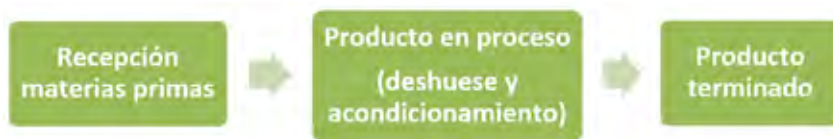
construye documento bajo el ciclo PHVA, que permite definir las responsabilidades, los documentos de apoyo y las actividades necesarias para garantizar el cumplimiento de los procedimientos y, por ende, la gestión efectiva de los elementos que componen el sistema.

Objetivo del programa

- Establecer el manejo y destino del producto no conforme¹ con el fin de garantizar que las materias primas, producto en proceso y producto terminado cumplan con las especificaciones técnicas establecidas.
- Analizar y generar acciones correctivas, preventivas y de mejora a los hallazgos de material o producto no conforme.

Alcance del programa

Este procedimiento aplica a todos los materiales en recepción, productos en proceso o productos terminados de las diferentes líneas de producción.



Fuente: elaboración propia.

El diagrama 1 ilustra durante todo el proceso productivo el alcance y la aplicabilidad del programa de producto no conforme.

Definiciones para la documentación del programa

- **Producto no conforme:** recursos cárnicos o no cárnicos y productos en proceso o terminados que no cumplen con las especificaciones de calidad. Estos se generan dentro de las instalaciones de las plantas, es decir, que no aplica para centro de distribución que no esté contiguo a la planta o para devoluciones de los clientes (materia prima en recepción / producto en proceso / producto terminado)².

1 PNC Producto No Conforme

2 MP: materias primas en recepción / PP: producto en proceso / PT: producto terminado.

- **Reprocesar:** es un producto no conforme que se genera en el proceso productivo y puede ser incorporado nuevamente a un proceso como materia prima con la aprobación de Aseguramiento de la Calidad. Ejemplo: material fuera de especificación identificado en las diferentes líneas de producción (producto en proceso / producto terminado).
- **Reelaborar:** es un producto terminado que fue devuelto desde un almacén de producto terminado o Centro de distribución y Almacenamiento contiguo a la planta y que de acuerdo con las instrucciones de calidad, puede ser usado nuevamente en el proceso productivo (producto terminado).
- **Desperdicio:** materiales, producto en proceso o producto terminado no conformes que hacen parte de la producción y que pueden llegar a generar riesgos de inocuidad y mal aspecto. Por consiguiente, deben ser desechados como residuo orgánico (producto en proceso / producto terminado).
- **Pendiente:** es el material, producto en proceso o terminado que se encuentra en evaluación, observación o espera de determinar si cumple con las especificaciones (producto en proceso / producto terminado).
- **Aprobado:** es el material, producto en proceso o terminado que después de ser inspeccionado cumple con las especificaciones requeridas para continuar el flujo de acondicionamiento o distribución (materia prima en recepción / producto en proceso / producto terminado).
- **Rechazado:** es la materia prima que después de ser inspeccionada no cumple con las especificaciones requeridas (materia prima en recepción).
- **Sellado por muestreo:** es la materia prima que está a la espera de ser inspeccionada y definir si cumple o no con las especificaciones requeridas (MP).

Programa Manejo de Producto No Conforme bajo el ciclo PHVA

Descripción de actividades necesarias para controlar y dar manejo a los productos no conformes en cada una de las etapas definidas, donde se asocian documentos de apoyo y responsables desde las distintas áreas, bajo el ciclo PHVA.

Con la creación del programa bajo el ciclo PHVA es posible tener desde el área de calidad conceptos claros para el manejo, identificando los defectos del material,

controlando por medio de procedimientos e instructivos, propiciando herramientas para el reporte en cada etapa del proceso y generando acciones correctivas, preventivas o de mejora por hallazgos detectados. Es factible cuantificar las pérdidas de materiales, realizar seguimiento y medición a las desviaciones en el proceso. Hoy día, es un programa complementario que no solo ha servido para darle cumplimiento al numeral 8.3 de la ISO 9001:2008, sino también para mantener el actual sistema de inocuidad HACCP de la planta y con el cual se ha capacitado y formado en el “hacer” a más de 420 empleados.

Normalización del programa

Para el proceso de normalización del documento *Programa para el manejo del producto no conforme*, se realiza el proceso estipulado para ello. Con la utilización de la plataforma documental como sistema de administración de los documentos utilizada por la empresa, donde se almacenan y normalizan documentos, instructivos, procedimientos, formatos, fichas técnicas, planes, programas y demás información que se requiera.

Creación de programa en plataforma documental

Después de crear el programa siguiendo instructivo para la creación de documentos en la plataforma documental, este se envía al jefe inmediato, para que lo evalúe, apruebe y publique; de esta forma, el documento queda normalizado y apto para ser consultado.

Identificación y manejo de producto no conforme en las diferentes etapas del proceso

Se describe flujo para manejo, disposición y evacuación de los productos no conformes, en las etapas de recepción, producción o transformación del material, almacenamiento y distribución, por puesto, de trabajo. Se establecieron métodos de control, manejo y destino de productos no aptos con el fin de suministrar herramientas necesarias y criterios de calidad e inocuidad en los materiales o recursos del proceso.

Material no conforme en recepción

En la recepción de materia prima cárnica para canales de res, cerdo, bufalinos y cortes industriales, se crea instructivo de manejo para el control de devoluciones de materias primas cárnicas, cuando éstas no cumplen con las especificaciones. Se definen métodos y parámetros visuales con los operarios para que detecten características anormales en el material como:

- Características organolépticas³.
- Color u olor característico.
- Medición de temperatura.
- Valoración de defectos físicos presentes en el material.

Se define flujo para el control y la toma de decisiones cuando la materia prima cárnica es recibida. Se inicia con la identificación del producto no conforme, que puede ser: material en el piso del vehículo o incumplimiento de especificaciones. Si se trata del material caído en el piso del vehículo se continúa con las actividades de: recoge, lavar y desinfectar. Si es el caso de incumplimiento de las especificaciones, se procede a evaluar la criticidad para definir si se realiza limpieza en el alistamiento o se devuelve al proveedor. Si el material se rechaza, es decir, se devuelve al proveedor, se realiza reclamación por medio de “aviso de calidad”⁴, y aquel tendrá que tomar medidas internas en su proceso para garantizar las futuras entregas y dependiendo de la reiterada incurrancia en incumplimientos se define si el proveedor continúa entregando materia prima o no, generando enlace con el Programa de Desarrollo a Proveedores.

3 Características físicas del material detectadas por los sentidos. Manual de laboratorio de ingeniería de alimentos. Gustavo V. Barbosa-Cánovas.

4 “Aviso de Calidad”: Herramienta virtual del negocio para generar reclamación oficial a un proveedor que incumple con las especificaciones de una materia prima.

Material no conforme en proceso

Se identifica a partir de *Instructivo de marcación por colores*. El título de las etiquetas identifican los diferentes productos no conformes, que se pueden presentar en las etapas del proceso de acondicionamiento en la planta, la cual contiene el nombre del material, el lote, la fecha, el turno, el responsable y la no conformidad. Con estas etiquetas se logra la identificación para controlar, manejar y prevenir el uso no intencionado de materiales como residuos orgánicos generados en el proceso o materiales que han sufrido algún tipo de contaminación física, química o biológica.

Instructivos para el manejo del producto no conforme

Para el manejo, disposición y evacuación de los productos no conformes en planta se generaron los siguientes instructivos, los cuales son herramientas para la estandarización de actividades cotidianas para puestos de trabajo específicos y, en general, donde haya recurrencia en generación de producto no conforme, por las condiciones particulares del proceso.

- Instructivo **para rechazo de materia en recepción**, normalizado y estandarizado cuando en el proceso de recepción se presenta material cárnico con incumplimiento en especificaciones. En él se define el método para la verificación de las variables cualitativas y cuantitativas; como medición de temperaturas, inspección visual general del lote antes del descargue, permitiendo la optimización de tiempos.
- Instructivo **contenido ruminal o estomacal**⁵ estandarizado y normalizado para el manejo en la etapa de recepción de materia prima; define el método para seguir, especificando actividades puntuales del puesto del trabajo, optimizando el recurso cárnico y garantizando la inocuidad del material.
- Instructivo **manejo de carne caída al piso**, normalizado y estandarizado en la etapa de producción o acondicionamiento del material. En él se describen métodos para la disposición del material cárnico que cae al piso, así como las técnicas de

5 Contenido ruminal: residuo biológico que se puede presentar en las canales de res procedente de la central de sacrificio desde la etapa de faenado. Contenido estomacal: residuo biológico que se puede presentar en las canales de cerdo procedente de la central de sacrificio en la etapa de eviscerado del cerdo.

movimientos para la ubicación del material en bandas transportadoras, canastas y unidades de embalaje.

- Instructivo **manejo de reproceso de materiales** normalizado y estandarizado para momentos en los que se presentan defectos o no conformidades. En él se describen actividades y métodos para la separación e identificación de materiales que no cumplen las especificaciones dentro del proceso de acondicionamiento. Si bien en el reproceso es una pérdida para un proceso productivo, en este caso, se garantiza que el incumplimiento en las especificaciones de los materiales sea tratado y corregido.
- **Instructivo para el manejo de residuos biológicos**, abscesos⁶, que se puede presentar en músculos de las canales de cerdo o res. Especifica la técnica y método para el correcto retiro del absceso, tanto del material como del área de trabajo. Este instructivo especifica en qué momento el operario debe intervenir en la limpieza y desinfección de equipos y herramientas o cuándo se debe apoyar en el personal contratista de aseo. De esta forma se asegura la optimización de tiempos muertos en las líneas de trabajo por paros para limpieza y desinfección de equipos.
- **Instructivo para el manejo de reelaboraciones**, estandarizado y normalizado. Permite definir las actividades, el flujo y la identificación para los materiales que después de ser entregados como productos terminados al centro de distribución se deben realizar modificaciones en éstos y deben ser devueltos a planta para una reelaboración. Aplica solo para materiales que se encuentran en el centro de distribución. Este instructivo garantiza una programación centrada que contemple los espacios y disponibilidad de la mano de obra para su realización.
- **Instructivo de desnaturalización**⁷ de materiales, estandarizado y normalizado, donde se describen actividades, métodos para el traslado de los residuos orgánicos a zona de desnaturalización y técnicas para garantizar la correcta desnaturalización.

6 Absceso: inflamación o infección en el tejido orgánico que se presenta en músculos de la canal de cerdo o res y que en la mayoría de los casos proviene de residuos de inyecciones o medicamentos.

7 Desnaturalización: actividad en la cual se da destino final a un producto cárnico como residuo orgánico, con el objetivo de evitar la utilización posterior del material para el consumo humano.

Conclusiones

- La Planta, a pesar de que presenta un nivel de avance medio, es decir, más del 50 % de los procesos se encuentran de forma general encaminados a la implementación del SGC ISO 9001:2008; hay oportunidades de mejora que se deberán abordar con acciones concretas para lograr la implementación en el 100 % de los procesos.
- Documentos, procedimientos e instructivos se logran normalizar en plataforma Intranet o sitio virtual donde se almacena, gestiona, publica, controla y administra toda la información normativa e institucional.
- Los métodos y técnicas para el manejo y disposición del material no conforme dependen de la etapa del proceso y del puesto de trabajo donde se generen. Las variaciones en el proceso para el manejo de los productos no aptos para el consumo humano o que no cumplen con las especificaciones son claras, quedaron definidas e interiorizadas en los procesos, sin embargo, es necesario hacer seguimientos periódicos a estos cumplimientos.
- El control, el seguimiento y las medidas correctivas a los diferentes productos no conformes en los procesos se realizan mediante los resultados de los indicadores, derivados de los registros de materiales que no cumplieron las especificaciones y que fueron reprocesados, reelaborados, desnaturalizados o dispuestos como residuos orgánicos a cargo de los jefes, responsables de utilizar la herramienta construida y realizar los ajustes en el proceso para evitar la recurrencia de estas pérdidas.
- Se normaliza y estandariza el programa para el manejo del producto no conforme, con todos los instructivos necesarios que garantizan el correcto manejo y destino de los materiales no conformes. Para ello fue necesario intervenir cada uno de los elementos productivos, como materias primas, material de empaque, herramientas, equipos y los diferentes métodos utilizados en puestos de trabajo, donde hay alta recurrencia de materiales no conformes.
- Para la estandarización de los instructivos y el programa en general se utilizó tiempo de la jornada laboral; el compromiso desde los equipos de trabajo fue inmediato, sin embargo, hubo necesidad de intensificar el seguimiento en el proceso y generar acciones correctivas con los jefes, a causa de incumplimientos a procedimientos e instructivos identificados al momento de dar manejo y destino al producto no conforme.

Referencias

1. G. de la C. Alimentos. (2010). *Modelos de calidad a lo largo de la historia de la planta de alimentos*.
2. P. E. Gestión de la Calidad. (2013). *Indicadores de resultado, pilar de calidad planta*.
3. P. E. Gestión de la Calidad. (2012). *Ejercicios de trazabilidad 2012*.
4. N. Técnica. (2008). COLOMBIANA NTC-ISO.
5. Icontec. (2005) *Gestión de calidad de exportación*.
6. Un recorrido por las familias ISO. Recuperado de <http://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/consultorio-contable/Documents/boletines/costos-presupuesto/b5.pdf>. [Accessed: 05-May-2013].
7. M. R. T. Predro Pablo Poveda Orjuela, Germán Cañón Zabala, Joaquín Emilio Mejía Mantilla, *Implementar un sistema de gestión de calidad según ISO 9001*, CIGA. Icontec, 2009, p. 195.

Precio de venta estimado de inmuebles de segunda a través del uso de regresión lineal múltiple

José Gregorio Soto Mejía

Universidad Pontificia Bolivariana
Colombia
josegregorio.soto@alfa.upb.edu.co

Sara Cifuentes Uruña

Universidad Pontificia Bolivariana
Colombia
sara.cifuentes@alfa.upb.edu.co

Carlos A. Ballesteros Buendía

Universidad Pontificia Bolivariana
Colombia
callost-k_169@hotmail.com

Freddy Hernández Barajas

Docente - Universidad Pontificia Bolivariana
Colombia
freddy.hernandez@upb.edu.co

Resumen

En este artículo se presenta el uso de un modelo de regresión lineal múltiple para estimar el precio de venta medio de inmuebles usados, teniendo en cuenta factores tanto cuantitativos como cualitativos. Para esto, inicialmente se tiene una revisión de literatura que conforma una información de soporte, donde se indican los principales métodos estipulados por investigadores e instituciones relacionadas con el tema: al establecer como base estas investigaciones previas, se tiene que los datos objeto de análisis se toman bajo un orden secuencial y en una misma área de la ciudad de Medellín, Colombia. Los resultados obtenidos son justificados e interpretados, llegándose a la concluyente deducción de que el área, el número de parqueaderos y la tenencia de una piscina (propia o social) son los principales determinantes que afectan el precio de venta, constituyéndose de esta manera, las variables de interés.

Palabras clave

Regresión lineal múltiple, precio de ventas, significancia, varianza.

Abstract

This Article presents a multiple linear regression model aimed at estimating an approximate average sales price of used properties, considering both quantitative and qualitative factors. For this, initially has a review of literature that forms support information, where the main methods stipulated by researchers and institutions are related to the topic indicated: establishing the basis of these previous investigations, the analysed data is taken under a sequential order and in the same area of the city of Medellin, Colombia. The results are justified and interpreted, reaching conclusive inference that area, the number of parking and a pool tenure (own or social) are the main determinants that affect the sale price, thus constituting variables of interest.

Keywords

Multiple lineal regression, sale price, significance, variance.

Introducción

El sector inmobiliario es una de las columnas que soporta y jalona la economía del país y, por ende, se convierte en un atractivo foco de inversión. La valorización de este mercado se ve influenciada por la fortaleza, estabilidad y crecimiento del mismo, y no se cuestiona en nuestros días, ya que existe mayor demanda que oferta, ofreciendo oportunidad para mantener un crecimiento y valorización continua [11].

El mercado de vivienda usada y el aumento de su precio es un tema de amplio interés en el mundo, ya sea por su alta ponderación en el saldo de la cartera hipotecaria en las cuentas financieras de algunos países, o también por su relación entre el mercado inmobiliario y el ciclo económico de un país. Además de sus efectos sobre la demanda agregada y la inflación, que son variables importantes en las decisiones de política monetaria [7].

El sector en Colombia tendrá un crecimiento anual del 3,8 % durante los años 2013 y 2016, a un ritmo moderado, y las ventas de vivienda se mantendrán en niveles máximos. La inversión en este sector es muy segura y proporciona tranquilidad, aunque presente también riesgos [13].

A través de la construcción de un modelo de regresión lineal múltiple, se busca estimar un promedio aproximado del precio de venta de inmuebles usados en un área específica de la ciudad de Medellín, Colombia.

Estado del arte

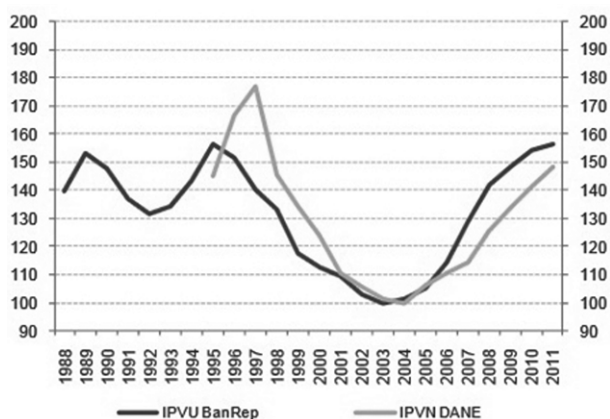
A la hora de realizar una buena inversión es fundamental reconocer la importancia en la calidad de la información utilizada para tomar una buena decisión. En el sector inmobiliario es importante realizar un seguimiento constante de la variación en la tasa de interés, las proyecciones del negocio, los precios de los inmuebles en el mercado, la rentabilidad y el riesgo de la inversión [5,8].

Actualmente, las personas se cuestionan sobre: ¿qué factores determinan o definen el valor real de un inmueble? ¿Cómo se establece el precio de venta de un inmueble usado? ¿Cómo calcular el valor real de un inmueble usado?

Serfinco revisó y analizó el mercado de vivienda en Colombia y elaboró un informe donde muestra que los índices de los precios reales de los inmuebles hoy reflejan niveles altos en comparación con años anteriores, un crecimiento del 29,2 % en comparación con el promedio histórico. Además, se presenta un incremento en el valor total de las ventas de vivienda, ya que este se encuentra ligado al crecimiento acelerado en los precios del suelo por una escasez de área apta para la construcción [15].

Según el Banco BBVA, el optimismo que presentan los consumidores por demandar inmuebles es elevado, y presentan alta disposición a la hora de comprar una vivienda por sus bajos niveles de endeudamiento y sus bajas tasas de interés. Los precios aumentan en Colombia por la combinación de diversos factores: precio del suelo, mayor demanda por segunda vivienda, entre otros [2].

Figura 1. Precios reales de la vivienda.



Fuente: DANE, Banco de la República y BBVA.

Ambas entidades enfatizan en la causa de compra de los inmuebles, pero no son claras en determinar los factores que determinan el valor del inmueble como tal, manteniendo la pregunta: ¿cómo establecer el precio de venta de un inmueble?

Century 21 Colombia evaluó y determinó los factores claves a la hora de vender un inmueble usado al mejor precio, ya que este valor no puede ser muy bajo porque no incrementaría la ganancia, y si es un valor muy alto, la probabilidad de encontrar un comprador es muy baja. Son cinco los factores para tener en cuenta según la metodología propuesta para obtener el precio óptimo del inmueble [4].

Figura 2. Factores para determinar el valor de ventas de un inmueble, Century 21 Colombia.



Las casas y apartamentos usados son un 78 % más costosos que en el año 2004. Una de las causales es la falta de proyectos nuevos en algunas ciudades del país, manteniendo una oferta escasa, y, por ende, promoviendo el alza de los precios de la vivienda usada. Otra de las causales radica en el precio del terreno, dada la falta de terreno para la construcción de nuevas viviendas [13].

A lo largo de la historia, se han realizado ciertos estudios que buscan dar respuesta a esta pregunta a través de métodos prácticos que faciliten el cálculo del valor de un inmueble de segunda.

Thorsnes y McMillen proponen el uso de un estimador semiparamétrico para analizar la relación entre el valor de la tierra y el tamaño de la parcela, en una muestra de 158 parcelas en Portland, Oregon, área metropolitana. El estimador semiparamétrico combina el beneficio de estimación paramétrica y no paramétrica [16].

Clapp, Kim y Gelfand exponen un método por la limitada capacidad de las ecuaciones de precios hedónicos estándar para hacer frente a la variación espacial de los precios inmobiliarios. Los patrones espaciales de precios de vivienda se pueden ver como la suma de muchos factores causales. Ellos proponen utilizar un marco hedónico estándar, pero incorporando un modelo semiparamétrico con la estructura en los residuales modelados y con un enfoque parcial bayesiano. El marco bayesiano permite ofrecer una inferencia completa en la forma de una distribución posterior para cada parámetro del modelo. Su modelo permite la predicción del precio en lugares que fueron incluidos en la muestra o los lugares no muestreados, así como las estimaciones del intervalo de predicción. La parte no paramétrica del modelo permite la suficiente flexibilidad para encontrar la variación espacial sustancial en los valores de las casas [6].

Rigby y Stasinopoulos plantean un modelo de regresión llamado Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape (GAMLSS). Un análisis empírico

muestra que estos modelos parecen ser más apropiadas para la estimación de la función de precios hedónicos de los modelos de regresión que se utilizan para tal fin [9].

Calle y Tamayo presentan el método de las decisiones de inversión a través de opciones reales, que consiste en que las inmobiliarias no deben basarse en estudios matemáticos o financieros, sino en la experiencia, evaluando tres opciones en ejecución de algún proyecto: aplazar, crecer por etapas y abandonar, decisiones que se toman con base en el comportamiento del mercado. Las opciones reales son aplicadas en forma empírica en el sector inmobiliario, los conceptos y modelos no se conocen ni se emplean, limitando así el potencial que estas herramientas aportan al sector [3].

En Colombia, los precios de los inmuebles de segunda ascendieron debido a la medición del índice de los precios de la vivienda usada (IPVU) propuesto por el Banco de la República [12].

El IPVU mide la evolución trimestral y anual de los precios de la vivienda usada. Actualmente cubre capitales como Bogotá, Medellín, Cali, y los municipios de Soacha en Cundinamarca, y Bello, Envigado e Itagüí en Antioquia. El diseño, implementación y cálculo del índice es realizado a través de la información de los avalúos de préstamos de vivienda reportados por entidades financieras tales como: Davivienda, BBVA, AV. Villas, Bancolombia, Colmena BCSC y Colpatria [1].

“En la construcción de un índice de precios de viviendas se debe utilizar una metodología diferente a las que comúnmente se utilizan para valorar otros precios de la economía, e incursionar en técnicas econométricas en su cálculo para controlar dichas diferencias. Estas pueden ser: ventas repetidas, precios hedónicos y método híbrido o combinado” [7].

Análisis de los resultados

Para la construcción de un modelo que explique factores determinantes del precio de venta de un apartamento, se realizó un estudio muestral en la ciudad de Medellín (Colombia), donde se recopiló la información referente a 50 apartamentos ubicados en la comuna 14, El Poblado. Es importante tener en cuenta que estos datos se recolectaron de manera aleatoria.

A partir del estudio realizado y las percepciones subjetivas discutidas por el grupo de investigación se obtuvo un conjunto de variables que se consideran explicativas frente al precio de venta de un apartamento; estas, a su vez, se dividen en variables cuantitativas o numéricas y cualitativas. A continuación se presenta la lista de variables organizadas por su tipo:

- Variables cuantitativas:
 - Área.
 - N.º Alcobas.
 - N.º Baños.
 - N.º Parqueaderos.

- Variables cualitativas:
 - Zonas verdes.
 - Piscina.

Cabe anotar que para estas variables de tipo cualitativo se usaron niveles de clasificación (sí y no) que determinan la presencia o la ausencia de las mismas.

A partir de estos datos se propuso el diseño, desarrollo y la propuesta de un modelo de regresión lineal múltiple que se ajuste a los factores indagados y demuestre soluciones viables.

$$\begin{aligned}
 PV = & \beta_0 + \beta_1(\text{área}) + \beta_2(\text{alcobas}) + \beta_3(\text{baños}) \\
 & + \beta_4(\text{parqueaderos}) \\
 & + \beta_5(\text{zonas verdes}) + \beta_6(\text{piscina})
 \end{aligned}$$

Mediante el uso del programa estadístico R se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1. Resultados del modelo ajustado.

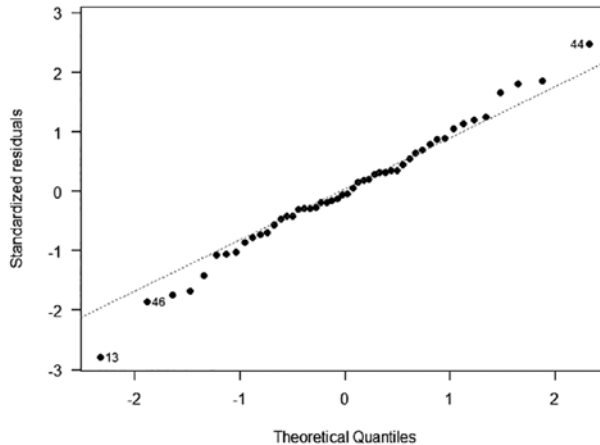
Coefficientes	Valor Estimado	Error estándar	t_0	Valor-p
Intercepto	-0.9682	62.2687	-0.016	0.9876
Área	1.9759	0.2777	7.115	8.79×10^{-9}
N.º Alcobas	-25.579	25.0679	-1.02	0.3132
N.º Baños	-5.5206	30.8169	-0.179	0.8566
N.º Parquederos	82.7580	28.0685	2.951	0.0051
Zonas verdes	-11.00	39.062	-0.282	0.7796
Piscina	112.3663	37.8382	2.97	0.0048
R^2	0.8171			
R^2_{adj}	0.7916			

Este modelo se consideró inicial, pues, a pesar de que existe una variabilidad explicada por las variables al modelo en aproximadamente un 80 %, los errores asociados al mismo tienen un cuadrado medio residual muy alto, es decir, una varianza muy alta ($\sigma^2 = 13618.89$).

En aras de buscar una reducción de los errores, un mejoramiento en la significancia y variabilidad de los regresores o factores respecto a la variable respuesta, se usó una transformación al modelo por el método Box-Cox, en busca de un cambio sustancial en los resultados de sus variables. Con el uso de R se obtuvo que $\lambda = 0.303$. Al aplicar esta transformación se dieron cambios relevantes, principalmente, en la significancia de las variables y el modelo, la determinación, varianza e intervalo de los errores.

Sin embargo, un análisis detallado del modelo indica ciertas observaciones que se pueden considerar como atípicas, lo cual genera discrepancias y “daños” en lo que respecta al ajuste del modelo. En el modelo estudiado, la gráfica de normalidad (residuales estandarizados vs. cuartiles teóricos) nos muestra los datos que se valoran como atípicos:

Figura 3. Gráfico de normalidad para el modelo transformado con valores atípicos.



Al realizar un nuevo modelo que excluya los datos considerados como atípicos (observaciones 13, 44 y 46), ocurre una mejoría en sus resultados, lo cual implica que la línea de regresión se ajusta de una manera más precisa al conjunto de datos. La siguiente tabla muestra la forma detallada de cada uno de los efectos producidos al modelo y sus respectivos cambios.

Tabla 2. Resultados obtenidos de cada modelo estudiado.

	Modelo Inicial	Modelo Transformado	Modelo Transf. Sin observaciones 13, 44, 46	Modelo Transf. Sin observaciones 13, 26, 44, 46
Significancia del modelo (P-valor)	2.47 x 10 ⁻¹⁴	4.25 x 10 ⁻¹⁴	2.2 x 10 ⁻¹⁶	7.04 x 10 ⁻¹⁶
Intercepto	-0.9682	4.406	4.11	4.114
β_1	1.976	0.007	0.005	0.006
β_2	-25.58	-0.107	-0.082	-0.103
β_3	-5.52	0.026	0.086	0.107
β_4	82.7	0.296	0.39	0.316
β_5	-11	-0.064	-0.0551	-0.05
β_6	112.36	0.525	0.566	0.573
σ^2	13618.89	0.202	0.134	0.13
R ²	0.8171	0.8123	0.8747	0.8716
R ² adj.	0.7916	0.7861	0.855	0.8518
e _i mínimo	-284.3	-1.203	-0.695	-0.7
e _i máximo	384.1	0.917	0.716	0.733

De los cuatro modelos presentados, aquel que se tiene en cuenta como el más ajustado y aproximado al problema en curso es el tercero, pues se establece que el último modelo (aquel que excluye las observaciones 13, 26, 44 y 46) no genera cambios altamente importantes en los resultados estudiados.

Comprobación de la adecuación del modelo

Una vez se elige el modelo más acertado para estudiar (modelo 3), se procede a comprobar la adecuación del mismo a partir de las premisas de la regresión lineal. Siempre se debe realizar un análisis para examinar el ajuste del modelo desarrollado de acuerdo con las expectativas del grupo de investigación.

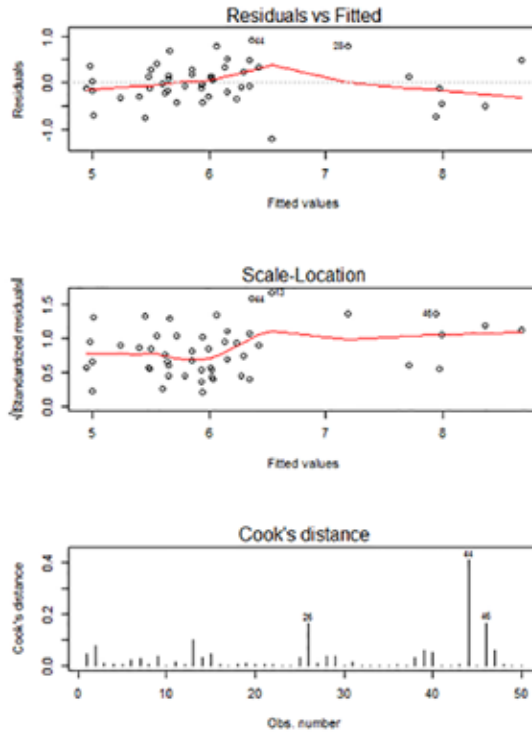
Se debe tener en cuenta que alguna violación de las premisas podría llevar a un modelo inestable, pues este, en algunos casos, induce a obtener conclusiones totalmente diferentes a las esperadas, ya que puede cambiar el sentido de la muestra.

Las premisas que se tomaron en cuenta para el análisis del modelo regresión fueron las siguientes:

1. La relación entre la variable respuesta Y (precio de venta para este caso) y los regresores es lineal.
2. Los errores tienen una distribución normal.
3. Los errores tienen media cero.
4. Los errores tienen varianza constante.
5. Los errores no están correlacionados.

A continuación se presenta el estudio de cada una de las premisas anteriormente mencionadas, en el cual, algunas de ellas se comprueban a partir de la información que nos proporcionan los siguientes gráficos, enumerados del 1 al 4 para posteriormente hablar de ellos en cada ítem.

Figura 4. Comprobación de las premisas.



La premisa 1 se puede comprobar a partir de la matriz de correlación, pues en esta, se puede observar la linealidad que existe entre el precio de venta y las variables regresoras de nuestro modelo.

Tabla 3. Matriz de correlación.

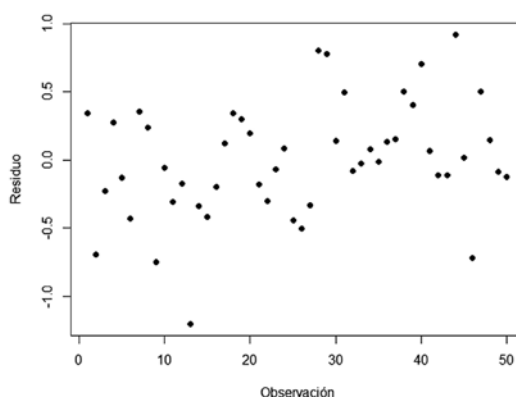
	Precio de Venta	Área	Alcobas	Baños	Parqueaderos
Precio de Venta	1.00	0.85	0.41	0.62	0.62
Área	0.85	1.00	0.50	0.73	0.55
Alcobas	0.41	0.50	1.00	0.78	0.63
Baños	0.62	0.73	0.78	1.00	0.72
Parqueaderos	0.62	0.55	0.63	0.72	1.00

1. Para observar si los errores tienen una distribución normal se presenta el gráfico 2 de normalidad (residuales estandarizados vs. cuartiles teóricos). Este gráfico

es construido para probar o rechazar la hipótesis nula, la cual nos indica que la muestra proviene de una población con distribución normal. Para nuestro modelo, se observa que los puntos están muy ordenados en la línea de referencia, por esta razón, no se rechaza la hipótesis nula y se puede concluir que los errores tienen una distribución normal.

2. Para probar que los errores tienen media cero, se hace la recopilación de todos los arrojados por el modelo, posteriormente, se saca un promedio y se tiene la media de los errores, lo cual arroja un $\bar{e}_i = -1,59231 \times 10^{-17}$, con este valor se puede concluir que es un número casi cero o aproximadamente cero y, de esta manera, comprobar la tercera premisa.
3. Los errores tienen varianzas constantes, esto se puede comprobar con la homocedasticidad que se da en la gráfica 2 de residuales vs. los valores ajustados. La homocedasticidad se da si los errores arrojados por el modelo siempre se mantienen en un intervalo de varianzas constantes.
4. Para probar que los errores no están correlacionados, necesitamos tener un orden determinado de la toma de datos, para nuestro caso, fueron 50 muestras, las cuales se tomaron en un orden consecutivo y establecido de la misma manera en el modelo. Para realizar un correcto análisis del método se presenta una gráfica 3, donde se puede apreciar la no correlación o la independencia que existe entre los errores y el orden tomado de las muestras (tiempo).

Figura 5. Independencia de errores.



Conclusiones

Con los resultados obtenidos durante la realización del experimento se concluye que existe un aumento en el precio de los apartamentos analizados, que depende netamente del total de área () que tenga la propiedad que se esté estudiando, ya que fue la variable más significativa para el modelo de regresión utilizado.

Con la correcta eliminación que se realizó de los puntos influyentes obtenidos en el gráfico del estudio, se logró la obtención de un modelo más equilibrado, en el que la estabilidad de los datos y resultados que este proporciona sustenta la efectividad y el bajo porcentaje en la varianza de los errores que se obtuvo del análisis.

Se pudo observar que fue muy adecuada la transformación Box-Cox utilizada para el modelo, pues tanto la varianza de los errores como el coeficiente de correlación mejoraron notablemente.

Finalmente, podemos decir que el modelo ajustado más preciso al estudio realizado se representa por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 PV = & 4.11 + 0.005(\text{área}) - 0.0082(\text{alcobas}) \\
 & + 0.086(\text{baños}) + 0.39(\text{parqueaderos}) \\
 & - 0.0551(\text{zonas verdes}) \\
 & + 0.566(\text{piscina})
 \end{aligned}$$

Referencias

1. Banco de la República. (2013). Banco de la República. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/es/ipvu>
2. BBVA Research Colombia. (2013). Banco BBVA. Recuperado de http://www.bbva-research.com/KETD/fbin/mult/110804_PresentacionesColombia_43_tcm346-265399.pdf?ts=1712014
3. Calle, A. & Tamayo, V. (2013). Decisiones de inversión a través de opciones reales. *Estudios Gerenciales*, 107-126.

4. Century21 Colombia. (2011). Century21 Colombia. Recuperado de http://www.century21colombia.com/vender/vender_paso_3.php
5. Círculo de Inversionistas. (2012). Círculo de Inversionistas. Recuperado de <http://www.circulodeinversionistas.com/sectores/inmobiliario/item/76-ventajas-y-desventajas-del-sector-inmobiliario-para-la-inversion>
6. Clapp, J., Kim, H. & Gelfand, A. (2002) Predigting spacial patterns of house prices using LPR and bayesian smoothing. *Real Estate Economics*, 30(4), 505-532.
7. Escobar, J., Huertas, C., Mora, D. & Romero, J. (2005). Indices de precios de la vivienda usada en colombia –IPVU. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra368.pdf>
8. Finanzas Personales. (2011). Finanzas Personales. Recuperado de <http://www.finanzaspersonales.com.co/invierta-a-la-fija/articulo/perspectivas-de-inversion-en-el-sector-inmobiliario/37415>
9. Florencio, L., Cribari-Neto, F. & Raydonal, O. (2012). Real Estate appraisal of land lots using GAMLSS models. *Chilean Journal of Statistics*, 3 (1), 75-91.
10. Montgomery Douglas C., Peck, Elizabeth A. & Vining, G. Geoffrey. (2002). Introducción al análisis de regresión lineal. México: Cecsa..
11. Portafolio. (2012). Sector inmobiliario colombiano seguirá creciendo: Tinsa. Recuperado de <http://www.portafolio.co/negocios/%E2%80%98sector-inmobiliario-colombiano-seguira-creciendo%E2%80%99-tinsa>
12. Portafolio. (2013). Precios de vivienda usada, los más altos de la historia. Recuperado de <http://www.portafolio.co/negocios/precios-la-vivienda-usada-colombia>
13. Prabyc Ingenieros. (2013). Prabyc Ingenieros. Recuperado de <http://prabyc.com.co/Noticias/230/-Por-que-invertir-en-el-sector-inmobiliario-en-Colombia->
14. R Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing.
15. SERFINCO. (2013). SERFINCO. Recuperado de http://www.serfinco.com.co/site/Portals/0/Coyuntura/Analisis_del_mercado_de_vivienda_en_colombia%202013.pdf
16. Thorsnes, P. & McMillen, D. (1998). Land value and parcel size: a semiparametric analysis. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17 (3), pp 233-244.

Modelo logístico de transporte de caña para un trapiche panelero

Laura Cristina Guzmán Nieto

Estudiante
Universidad Pontificia Bolivariana
Colombia - Palmira
laurentina_guzni@hotmail.com

Jairo Aboleada Zúñiga

Universidad Pontificia Bolivariana
Colombia
jairo.arboleda@upb.edu.co

Resumen

El Valle del Cauca siembra 124210 hectáreas de caña panelera y cosecha 14 millones de toneladas por año, con una participación en el sector panelero del 2,67 % del departamento. Para el 2007, el sector cañicultor representó para el Valle del Cauca el 41 % del PIB agrícola y en el ámbito nacional representó el 2,5 %. El productor panelero está ubicado en el municipio de Pradera y se encuentra inmerso en un entorno que presenta un manejo inadecuado en la distribución de trenes cañeros al cultivo. Para estudiar este problema se construye un modelo de programación lineal donde se identifican las variables inherentes al sistema que se va a optimizar para así producir una reducción de costo de operación logística de transporte o poscosecha. La modelación del sistema de asignación de vagones desde el alce a la cosecha se analizó a través de escenarios que facilitaron la toma de decisiones, logrando así el aprovechamiento de la capacidad de los vagones y la reducción de costos de \$5 286 000 diarios.

Palabras clave

Caña panelera, panela, logística de distribución, cosecha, poscosecha, programación lineal entera.

Abstract

The Valle del Cauca planting 124.210 hectares of sugar cane and harvest 14 million tons by year, with a brown sugar sector participation in the 2.67% of the department. By 2007 the sector accounted for cañicultor Valle de Cauca 41% of agricultural PIB and nationwide department represented 2.5 % of agricultural PIB. Manufacturer panela is located in the town of Pradera and is immersed in an environment that presents mismanagement in the distribution of sugarcane cultivation trains. To study this problem, a linear programming model where the variables inherent in the system are identified and optimized to produce a reduction in logistics cost or postharvest transport operation is constructed. Modeling of car allocation system from moose harvest was analyzed through scenarios that facilitated decision making and the capacity utilization of wagons and reducing costs of \$ 5'286 .000 day.

Keywords

Cane, brown sugar, distribution logistics, harvest, postharvest, integer linear programming.

Introducción

Este estudio se basa en una investigación descriptiva científica de metodología mixta, enfocada a examinar una problemática que se evidencia en la factoría y en el sector agroindustrial de la región y el país.

La subutilización de la capacidad de los vagones es originada por el sistema actual de operación logística en la poscosecha (alce y transporte), dado a través de una metodología empleada a lo largo de los años que ha llevado cada vez más a un incremento sostenido de costos de operación causados por la ausencia de planeación de rutas efectivas para el alce y la cosecha, y que aprovecha al máximo la capacidad de los vagones. Otro factor es el desabastecimiento de caña generado por la cogeneración de biocombustibles, que ofrecen mejores precios por hectárea cultivada.

En este orden de ideas, se generarán propuestas para la optimización del proceso industrial del transporte de caña panelera, desde el campo hasta la molienda, que contribuyen al mejoramiento continuo del proceso generando alta inversión en mantenimiento, para estar encaminados en la búsqueda de procesos eficientes; en esto es importante la continuidad de la investigación y medición del proceso.

El sector cañicultor está bajo cierta influencia de costos de envío por tonelada desde el campo hasta la fábrica, lo cual es variable dependiendo de la ubicación entre el 25 % y el 35 % del costo total, donde el 35 % es combustible, 28 % mantenimiento de equipos, el 27 % costos de operación, 10 % llantas y filtros (Ramírez & García 2006).

Ante esta situación, la factoría incurre en altos costos de producción para ser competitiva. Esto genera la motivación para indagar una posible solución a la problemática, la implementación de estrategias logísticas efectivas hace que la toma de decisiones sea eficaz en pro del transporte, visión de sostenibilidad y sustentabilidad empresarial para implementar estrategias que beneficien la rentabilidad, la reducción de costos al momento de transportar la materia prima a la planta vista como una estrategia efectiva que logre la minimización de costos y eficiencia productiva, a través de análisis y mejoras que se deben intervenir sobre el proceso por medio de un modelo de optimización logística.

Antecedentes investigativos

En la revisión literaria se evidenció que en el sector azucarero existen diversas investigaciones relacionadas con la optimización de costos de transporte desde el alce hasta la planta de producción.

A continuación se presenta una serie de estudios que han implementado la programación lineal para la optimización de costos y la mejora continua en sus sistemas logísticos.

Higgins (2006) da a conocer la problemática de la industria azucarera australiana, donde se identifica la ausencia de integración en la cadena de abastecimiento ante las ineficiencias entre el sistema de cosecha y poscosecha desde el punto de vista del transporte.

Este problema se aborda a través del desarrollo de una estructura que permite integrar estos dos sistemas, mediante la reducción en el número de cosechadoras en la región y la implementación de mejoras en la práctica de la cosecha, con el objetivo de reducir los costos de producción. El desarrollo e implementación lo describe Higgins analizando dos casos de las áreas de los molinos de la industria azucarera en Australia. El modelo fue aplicado en una región perteneciente a un ingenio, en el 2003, logrando un incremento en sus utilidades de AU 1 000 000 por año [6].

En otra investigación, Vidal (2006) propone un modelo de optimización de cadenas de abastecimiento y su uso potencial en sistemas de transporte de caña de azúcar, enfocado a *supply chain management (SCM)*, que integra actividades de suministro y demanda dentro de las compañías y entre ellas. El planteamiento es enfocado a la región Andina y Centroamérica, estableciendo características de localización de una nueva planta, proveedores de materia prima, dos etapas de manufactura y centros de distribución, modelos de transporte definidos *a priori*, consideración de precios de transferencia y consideración simultánea de optimización y análisis de factibilidad técnica y económica.

Para dar respuesta a este planteamiento emplea técnicas de solución como:

- Lenguajes generadores de modelos, como el AMPL.
- *Software* para resolver programación mixta, como por ejemplo, CPLEX.

- Métodos heurísticos basados en transformaciones del modelo no-lineal y en PL sucesivos.
- Algoritmos de optimización global.

La implementación de este modelo genera beneficios que se ven reflejados en:

- Instalación de la planta que opera en Colombia.
- Análisis de sensibilidad rápidos y precisos.
- Justificación científica de la toma de decisiones.
- Identificación de inconsistencias y estandarización de datos.
- Optimización de estructura, flujos y precios de transferencia.

Este estudio abre el camino para otras áreas de investigación del sector azucarero, como análisis de la cadena de abastecimiento completa incluyendo cultivo, fabricación y distribución, optimización de transporte y análisis de costos de logística a lo largo de la cadena [16].

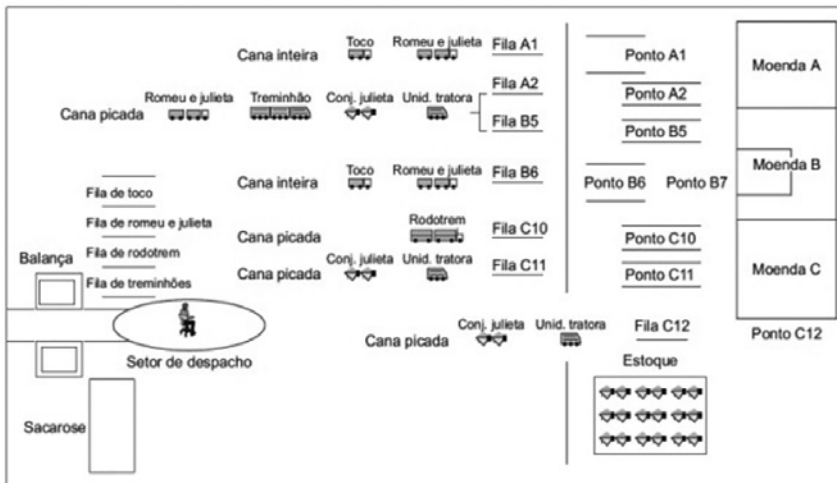
Décima y otros (2011) exponen la problemática de la agroindustria azucarera de Tucumán, Argentina, presentando numerosos problemas en el transporte de materia prima proveniente del campo, que se transporta a los centros de producción en diferentes tipos de vehículos por la red vial existente, generando gastos excesivos en la distribución.

La propuesta de trabajo que se realizó para la optimización del tránsito de caña, desde el alce hasta los ingenios, se hace empleando sistemas multiagentes y algoritmos genéticos tipo *grouping*, que logran verificar el sistema actual de transporte sobre datos artificiales, hallando así la solución óptima al problema [4].

García y otros (2007) plantean un análisis del sistema logístico para la recepción de caña de azúcar empleando la simulación discreta; así, muestran lo vital que es un sistema logístico para mejorar la eficiencia operacional de las centrales azucareras, puesto que actúan sobre la integración de las operaciones agrícolas e industriales.

Abordan un estudio basado en la recepción de caña en uno de los más grandes molinos de caña en Ribeirão Preto, Brasil. El trabajo se desarrolló con el objetivo de analizar el rendimiento del sistema e investigar configuraciones y políticas alternativas para su funcionamiento. Debido a varias fuentes de incertidumbre y la complejidad operativa del sistema, el método utilizado fue mediante técnicas basadas en la simulación discreta. Las principales medidas de rendimiento están relacionadas con el tiempo promedio en el que los vehículos permanecen en el sistema de recepción y la cantidad promedio de azúcar en los ingenios descargados por unidad de tiempo. A continuación se presenta uno de los elementos evaluados para tal situación [8].

Figura 1. Recepción de caña. El equilibrio, la expedición y el sector de la descarga.



Antecedentes

Las bases teóricas sobre las que reposa esta propuesta de investigación son cuatro: la primera base proviene de los planteamientos formulados en la Segunda Guerra Mundial, de donde se generarán grandes avances en diversas ciencias, esta se ubica desde la perspectiva teórica de la programación lineal; la segunda base, denominada programación lineal entera (PLE), proviene de los planteamientos formulados por Wagner y Martne, pioneros en este tipo de modelación; el tercer fundamento teórico hace referencia al modelo de redes de transporte formulados por Charles Babbage, padre de la investigación operativa, la cual, en la actualidad es pionera y aplicable en

diversas áreas. Por último, se hace referencia al estudio de métodos y tiempos, creando la ingeniería de métodos que data de la escuela de Taylor y la escuela de Gilbreth, vista como herramienta de medición de tareas y grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles. Todos estos autores e investigadores son importantes, ya que sus aportes permiten fundamentar la idea base de esta investigación llamada: modelo logístico de transporte para la factoría.

Programación lineal (PL)

Las bases para forjar la programación lineal se dieron en 1947 durante la segunda guerra mundial con ideas efectivas en la asignación de recursos en operaciones militares. Culminada la guerra, se adaptaron estas ideas para mejorar la eficiencia y productividad en la industria. Luego en 1950 se introdujo la investigación de operaciones en las organización como ente facilitador para la toma de decisiones eficientes y óptimas; ya para 1980 se desarrolló la inteligencia artificial y la heurística como grandes avances en la investigación de la ciencia, vista como la implementación de las matemáticas que facilita la toma de decisiones. En general, la PL trata de buscar la mejor forma de asignar recursos limitados a diferentes actividades.

Programación lineal entera (PLE)

Sus pioneros fueron Wagner y Martne. Los modelos de programación lineal entera (PLE) son considerados subclases de la programación lineal, sus variables solo pueden tomar valores enteros, es decir, deja atrás la hipótesis de perfecta divisibilidad de variables. Por ende, se concentra en dos categorías: directa y transformada. En la primera categoría, la naturaleza de la situación imposibilita asignar valores fraccionarios a los modelos. En la segunda categoría se emplean variables enteras auxiliares para convertir situaciones abstractas en modelos óptimos a través de algoritmos de optimización disponibles.

Esta clasificación es primordial, puesto que los algoritmos de resolución de problemas lineales enteros se fundamentan directa o indirectamente en la versión continua de las problemáticas [15].

En la toma de decisiones en este tipo de modelación se llega a valores continuos, dando origen a decisiones dicotómicas y decisiones que deben tomarse en unidades discretas. La programación lineal entera (PLE) se clasifica en tres tipos:

- Problemas enteros puros: todas las variables son enteras, se diferencian los problemas totalmente enteros.
- Problemas enteros mixtos: contiene al mismo tiempo variables continuas y variables que solo pueden tomar valores enteros.
- Problemas binarios: las variables enteras solo pueden tomar valores de cero y uno. Estos hacen parte de los algoritmos de decisión, asignación, localización, etc.

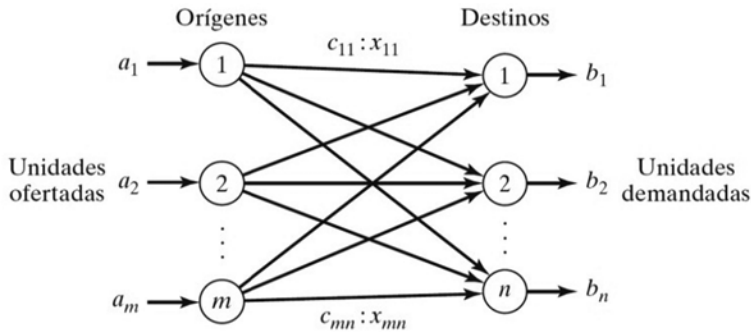
Modelo de redes de transporte

Se cree que Charles Babbage es el padre de la investigación operativa, debido a sus trabajos acerca de los costos de transporte y clasificación del correo realizados en la Uniform Penny Post de Inglaterra en 1840. Durante los años 50 y 60, creció el interés por desarrollar nuevos modelos para aplicarlos en la industria y el comercio.

Los modelos de transporte hacen referencia al envío de artículos desde el origen hasta su destino, la finalidad es determinar el programa óptimo de transporte que minimice el costo total y, así mismo, satisfaga los límites de la oferta y demanda. Este tipo de modelos se puede implementar en diversas áreas de operación, tales como la programación de empleos, control de inventarios y asignación de personal.

La red que se presenta en la figura 2 representa el problema, donde hay m orígenes y n destinos, cada uno representado por un nodo. Los arcos representan las rutas que unen los orígenes con los destinos. El arco (i, j) que une el origen i con el destino j tiene dos informaciones: el costo de transporte por unidad c_{ij} y la capacidad x_{ij} . La cantidad de la oferta en el origen i es a_i y la cantidad de la demanda en el destino j es b_j . El objetivo del modelo es minimizar el costo de transporte total al mismo tiempo que se satisfacen las restricciones de la oferta y la demanda [15].

Figura 2. Representación del modelo de transporte con nodos y arcos.



Estudio de métodos y tiempos

El origen de la ingeniería de métodos data desde la escuela de Taylor y la escuela de Gilbreth, vista como herramienta de medición de tareas y la productividad como grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar un objetivo. Estos estudios, a través de los tiempos, ayudaron a dar respuesta a diversas problemáticas de producción, disminución de costos y mejoramiento de la productividad, con la aplicación de métodos, estándares y diseño del trabajo.

- Estudio de métodos: registro y examen crítico sistemático de los modos existentes y proyectados para ejecutar un trabajo, con el fin de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces, ahorrando un alto porcentaje de costos de manufactura. Todo esto se resume en el análisis del proceso hasta llegar al análisis de operación.

Para realizar el análisis de métodos, es necesario conocer tres tipos de consideraciones:

- Económicas: trabajos que representan rentabilidad para la empresa, duraderos en el tiempo y que ocupen gran cantidad de mano de obra.
- Técnicas: evitar pérdidas de dinero, tiempo y posibles daños de maquinaria y equipos.
- Reacciones humanas: capacitación, motivación y confianza para los trabajadores y directivos de la producción.

Por otra parte está el registro de la información relacionada con el método actual, para esto se implementan diversos diagramas que facilitan el proceso, como lo son: operación, almacenamiento, transporte, demora y actividades combinadas.

- Estudio de tiempos: busca establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada; con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito se obtienen los tiempos elementales para cada acción de una línea u operación. Es necesario ajustar el estudio normal por nivelación del desempeño del operario de acuerdo con su destreza y esfuerzo.

Ventajas del estudio de movimientos y tiempos

- Minimizar el tiempo requerido.
- Generar mejores condiciones de trabajo.
- Conservar los recursos y minimizar los costos, especificando materiales directos e indirectos aproximados para la producción.
- Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de recursos energéticos.
- Mejorar los procesos, procedimientos y disposición de la planta o lugar de trabajo, como también de equipos e instalaciones.
- Eliminar o reducir los movimientos ineficientes y acelerar los eficientes.
- Distribución de cargas de trabajo.
- Manejo integral de desperdicios y residuos dentro del proceso.
- Economizar el uso de materiales, maquinaria y mano de obra.
- Maximizar la seguridad, la salud y el bienestar de todos los empleados o trabajadores.
- Realizar la producción considerando cada vez más la protección necesaria de las condiciones ambientales.
- Aplicar un programa de administración según el alto nivel humano, que origine interés en el trabajo y satisfacción para cada trabajador.

Usos del estudio de movimientos y tiempos

- Contrastar la eficiencia de varios métodos.
- Repartir el trabajo dentro del proceso de manera coordinada y eficiente.
- Determinar mediante diagramas actividades múltiples y efectivas.
- Obtener información sobre equipos (capacidades) y la mano de obra disponible.
- Costo de envío de maquinaria y desempeño de mano de obra.
- Costo de mano de obra y fijar o mantener costos estándar.

Planteamiento del problema

En el Valle del Cauca, y específicamente en el municipio de Pradera, se encuentra ubicado el trapiche panelero que cuenta con una metodología tradicional para la distribución de vagones que ha llevado a un incremento sostenido del costo de distribución en 25 %. Este incluye mantenimiento de equipos, combustibles, llantas y filtros, entre otros, que pueden aumentar dependiendo de la ubicación del lote para el alce de la caña cortada. Todo esto se evidencia en la ausencia de planeación de rutas efectivas para el alce de la cosecha.

Se identifican diversas variables que afectan la poscosecha, es decir, el alce y el transporte de caña panelera, consecuencia de otras variables como mejores oferentes y mejor calidad de pago por tonelada de materia prima a los colonos, producción de biocombustibles, mejores precios por hectárea cultivada, calidad del cultivo, cambio de clima, lo que incide directamente en la calidad de la materia prima. A continuación se presenta una matriz del resumen del análisis situacional del trapiche. El resumen del análisis situacional del trapiche se presenta en la tabla 1.

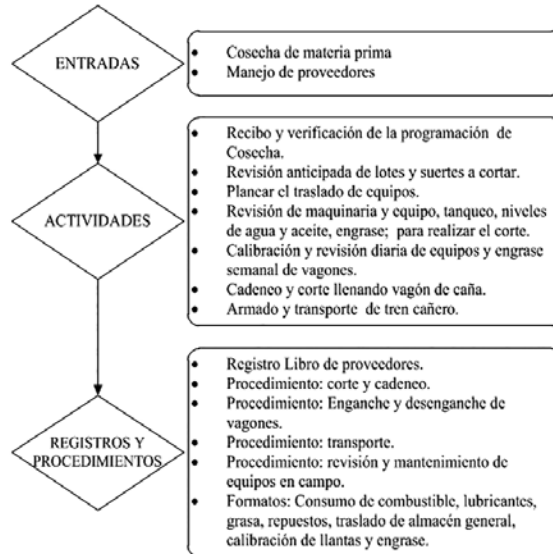
Tabla 1. Análisis situacional trapiche panelero.

Problema	Incremento del 25 % en los costos logísticos de distribución.	
Causa	Desabastecimiento de materia prima.	Desperdicio del espacio en los vagones.
Efecto	Pérdida de participación en el mercado.	Incremento en costos de distribución.
Posible solución	Diseño de un modelo de abastecimiento.	Implementación de un modelo de programación lineal entera y logística de distribución.

Condiciones que afectan el sistema logístico de transporte

La factoría panelera incurre en altos costos de producción con la intención de ser competitiva, esto genera motivación para indagar la posible solución de esta problemática, en la que la implementación de estrategias logísticas efectivas hace que la toma de decisiones sea eficaz en pro del transporte, visión de sostenibilidad y sustentabilidad empresarial. Implementando estrategias que beneficien la rentabilidad, la reducción de costos al momento de transportar la materia prima; vista como estrategia efectiva que logre la minimización de costos y eficiencia productiva. Mediante un análisis y posibles mejoras sobre el proceso con un modelo de optimización logística. La figura 3 muestra las entradas, actividades, registros y procedimientos para ejecutar.

Figura 3. Mapa de procedimientos de cosecha y transporte de caña panelera.



El proceso que se va a analizar se presenta en la figura 4 con cada etapa, desde el alce y el transporte de la caña hasta el centro de acopio.

Figura 4. Proceso de recolección.

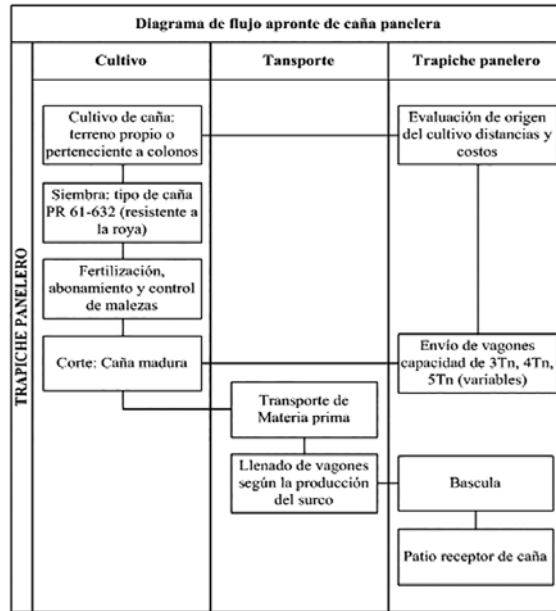


Sistema para toma de decisiones

Para emplear de manera idónea las técnicas de programación lineal entera es importante conocer el comportamiento de las variables de decisión determinísticas, logrando así una solución óptima sobre la disponibilidad de vagones y la cantidad que debe despachar hacia cada productor.

La figura 5 muestra el proceso de apronte, es decir, la acción de recolectar la caña cortada para ser transportada desde el cultivo hasta el almacenamiento en el patio receptor.

Figura 5. Diagrama de flujo apronte de caña panelera .



Medida de desempeño para toma de decisiones

El trapiche panelero cuenta con tres tipos de vagones para el transporte de caña desde el cultivo y con cuatro ubicaciones. Estos vagones tienen un límite de capacidad de peso que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Capacidad de vagones vs. cantidad de ingresos por día.

VAGÓN	CAPACIDAD [Tn]
Grande	5
Mediano	4
Pequeño	3

La tabla 4 hace referencia a los costos de envío desde el origen hasta la planta de producción, ubicada en el municipio de Pradera, Valle del Cauca, con las ofertas correspondientes a cada lote.

Tabla 4. Costo de envío materia prima por tonelada con respecto a la oferta diaria del lote.

ORIGEN	COSTO [\$/Tn]	OFERTA [Tn/día]
PRADERA X_1	8.000	95
PRADERA X_2	10.000	27
PALMIRA X_3	12.000	17
PALMIRA X_4	13.000	10

Propuesta de solución

Modelo matemático para emplear: programación lineal entera

La programación lineal da respuesta a situaciones en las que se exige maximizar o minimizar funciones que se encuentran sujetas a determinadas limitaciones, llamadas restricciones.

Desarrollo del modelo matemático

Con relación a lo planteado anteriormente, se logra generar el modelo acorde con la situación de la factoría (trapiche):

Variables

X_{ij} = Numero de viajes que el proveedor i debe realizar en el vagón j a la planta diariamente

$$i = 1,2,3,4 \quad j = 1,2,3$$

Función objetivo

$$MinC = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij}$$

$$\begin{aligned} MinC = & 8000(X_{11} + X_{12} + X_{13}) \\ & + 10000(X_{21} + X_{22} + X_{23}) \\ & + 12000(X_{31} + X_{32} + X_{33}) \\ & + 13000(X_{41} + X_{42} + X_{43}) \end{aligned}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n ax_{ij} (\leq, \geq, =) b$$

$$\text{Pradera1: } 5X_{11} + 4X_{12} + 3X_{13} \geq 95$$

$$\text{Pradera2: } 5X_{21} + 4X_{22} + 3X_{23} \geq 27$$

$$\text{Palmira3: } 5X_{31} + 4X_{32} + 3X_{33} \geq 18$$

$$\text{Palmira4: } 5X_{41} + 4X_{42} + 3X_{43} \geq 10$$

$$\text{Demanda: } X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{41} + X_{42} + X_{43} \geq 150$$

$$\text{No negatividad: } X_{ij} \geq 0 \in E$$

$$i=1, 2, 3, 4 \text{ y } j=1, 2, 3$$

Resultados winQSB

La solución al modelo anterior fue obtenida con winQSB, en la tabla 5 se presentan los resultados de optimización para el modelo considerado.

El análisis logrado arroja estos resultados, después de haber identificado la región factible óptima para tal modelo. Para las ubicaciones de proveedores en Pradera 1, Pradera 2, Palmira 3 y Palmira 4, los valores de solución indican que no es viable el envío de vagones grandes y medianos. Para el envío de vagones con capacidades menores iguales a 4 y 5 toneladas, respectivamente, se requieren mayores costos de envío, lo cual incrementaría la contribución total de cada variable sobre el valor óptimo de la función objetivo. Por ende, este análisis no tomó este tipo de solución, ya que no sería la óptima.

Los valores óptimos para la solución del problema están dados para los vagones de 3 toneladas de capacidad, para las cuatro ubicaciones de proveedores manejadas. Son estos los resultados que representan la solución óptima.

Tabla 5. Solución óptima.

Variable de decisión	Valor de la solución	Costo unitario c(j)	Total
X13	31	24.000	744.000
X23	9	30.000	270.000
X33	6	36.000	216.000
X43	104	39.000	4.056.000
Función	Objetivo	[Min.] =	5.286.000

Por medio de esta matriz, se logra analizar que para las ubicaciones de Pradera 1, Pradera 2, Palmira 3 y Palmira 4, es rentable enviar vagones de 3 toneladas de capacidad. Con respecto a los valores óptimos de restricciones, es necesario el análisis e interpretación de la tabla 6.

Tabla 6. Restricciones y solución óptima.

Constante	Izquierda	Dirección	Derecha
PRADERA1	93	<=	95
PRADERA2	27	<=	27
PRADERA3	18	<=	18
PRADERA4	312	>=	10
DEMANDA	150	>=	15
Función	Objetivo	[Min.] =	5.286.000

La demanda debe ser mayor o igual que 150 toneladas por día, según el modelamiento se cumple con:

- PRADERA1. Se debe efectuar el envío de 31 vagones de 3 toneladas, satisfaciendo la capacidad ofertada de 93 toneladas por día, logrando así una contribución de costos de \$744 000 por día.
- PRADERA2. Se deben enviar 9 vagones de 3 toneladas cada uno, logrando un costo de contribución de \$270 000 por día. Otro de los factores viables del modelo son las 27 toneladas para que no se presente subutilización del espacio.

- PALMIRA 3. Se necesita enviar 6 vagones de 3 toneladas cada uno cumpliendo con la capacidad de 18 toneladas diarias del lote, generando una contribución de \$216000 diarios. Esto hace que la optimización de la capacidad sea de 18 toneladas, copando la totalidad del vagón.
- PALMIRA4. Se deben enviar 104 vagones, dando cumplimiento a la demanda total de molienda de 160 toneladas diarias, logrando así una contribución total de \$4 056 000 diarios.

Con estos valores de solución se logra una minimización de costos efectivos sobre el número de vagones para enviar con un valor de \$ 5 286 000 diarios.

Conclusión

El haber realizado el análisis sobre el número de viajes que el trapiche debe ejecutar en el proceso de alce de caña para su posterior envío a la molienda arroja múltiples resultados, que permiten identificar cuáles lotes presentan variaciones que alteran la función objetivo del modelo.

Con respecto a los vagones, es importante despachar aquellos que cuentan con una capacidad mínima de 3 toneladas, lo cual conduce a una minimización de costos amplia, contribuyendo a la optimización de recursos y al aumento de la capacidad de molienda del trapiche panelero.

El modelo facilita el proceso para la toma de decisiones relacionadas con cantidad de viajes, asimismo, se determinaron las causas por las que no se ejecuta un modelo de asignación de transporte, teniendo como antecedente el tipo de administración y planeación empleada a lo largo de los años.

En general, es viable la implementación de un modelo de programación lineal entera que se encargue de mejorar el modelo de asignación de transporte. Para sustentar este algoritmo se generó un modelo que evalúa la disponibilidad de vagones por capacidad y, también, la demanda por lote, ambas variables en toneladas, analizando cada una de las posibles combinaciones hasta lograr la óptima con una reducción de costos de \$5 286 000 diarios.

Agradecimientos

Al trapiche panelero, quien fue el facilitador de información. A la ingeniera Jenny Velásquez Riascos por sus valiosos aportes contextuales para esta elaboración, y al ingeniero Jairo Arboleda Zúñiga por sus aportes al conocimiento y su motivación para investigar e innovar.

Referencias

1. Amú, L. (2010), Logística de cosecha: evaluación de tiempos y movimientos. Indicadores y control. *Revista Técnicaña*, 26, 27-32.
2. Cenicaña, Centro de Investigación de Caña de Azúcar de Colombia (2014). Recuperado de <http://www.cenicana.org/>
3. Corpoica, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (2014). Recuperado de www.corpoica.org.co/
4. Décima, A., Majorel, N., Will, A., Rodríguez, S. & Diez, O. (2011), *Optimización del transporte de caña de azúcar utilizando sistemas multiagentes y algoritmos genéticos grouping*. Rosario.
5. Fedepanela. (2014). Recuperado de <http://www.fedepanela.org.co/>
6. Higgins, A. (2006). Scheduling of road vehicles in sugarcane transport: a case study at an Australian sugar mill. *European Journal of Operational Research*, 170, 987.
7. I. A. García, H. M.V.Z. Albarracin, L, I.Q. Toscano, A. I.A. Santana, N. & I.A. Insuasty, O. (2007). *Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de caña panelera*. Bogotá.
8. Iannomi, A. & Morabito, R. (2002). Análise do sistema logístico de recepção de cana-de-açúcar: um estudo de caso utilizando simulação discreta. *Scielo Brazil*, 9 (2), 107-110.
9. Ministerio de Agricultura. (2005). *La cadena agroindustrial de la panela en Colombia*. Bogotá.
10. Osorio, G. (2007). *Manual: buenas prácticas agrícolas -BPA- y buenas prácticas de manufactura -BPM- en la producción de caña y panela*. Medellín.

11. Procaña. (2014). Recuperado de <http://www.procana.org/>
12. Ramírez, G. & García, C. (2006). *Sistema de transporte de caña de azúcar en Colombia*. Pradera.
13. Superintendencia de Industria y Comercio. (2011). *Cadena productiva de la panela: diagnóstico libre competencia*. Bogotá.
14. Taha, H. (2012). *Investigación de operaciones*. Naucalpan: Pearson.
15. Vidal, C. (2005). *Introducción a la modelación matemática y optimización*. Santiago de Cali: Facultad de Ingeniería.
16. Vidal, C. (2006). Foro-taller internacional sobre cosecha y transporte de caña de azúcar. Optimización de cadenas de abastecimiento y su uso potencial en sistemas de transporte de caña de azúcar. Palmira.

Análisis estadístico del precio de los apartamentos en El Poblado, Medellín

Laura Jiménez Heredia

Universidad Pontificia Bolivariana
Colombia
laura.jimenez@alfa.upb.edu.co

Andrea Salomé López Tirado

Universidad Pontificia Bolivariana
Colombia
andrea.lopez@alfa.upb.edu.co

Lizeth Tatiana Agudelo Gallo

Universidad Pontificia Bolivariana
Colombia
lizethtatiana.agudelo@alfa.upb.edu.co
Docente y asesor

Freddy Hernández Barajas

Universidad Pontificia Bolivariana
Colombia

Resumen

La burbuja inmobiliaria que dio origen a la crisis financiera más grande de la historia estadounidense hizo necesario el estudio de las variables que afectan los precios de las viviendas en diferentes países del mundo. Este trabajo se centra en el análisis estadístico de un modelo que busca estimar el precio final de las viviendas en El Poblado, Medellín, con base en una serie de variables posiblemente correlacionadas

de algún modo con este. Junto con él se obtienen conclusiones acerca de la veracidad y utilidad del modelo estimado para esta zona específica.

En el análisis se utilizan dos herramientas estadísticas muy importantes (R y Excel) y cada observación es apoyada por gráficos que demuestran lo apropiado del modelo estimado y la transformación que se debe hacer con el fin de mitigar las imperfecciones que surgen.

Palabras clave

Modelo, Boxcox, ajustado, R, Excel, variable regresora, variable dependiente, variable cualitativa, variable cuantitativa.

Abstract

The housing bubble that caused the biggest financial crisis in the United States history made it necessary the study of the variables that affect the houses prices in different countries around the world. This work is focused on the statistical analysis of a model that looks forward to predict the El Poblado, Medellin houses final price based on some variables correlated to the price in one way or another. Besides, some conclusions are made about the truthfulness and usefulness of the estimated model for this specific zone.

In the analysis, two important statistics tools were used (R and Excel) and each one of the observations is supported by graphics that show the accuracy of the estimated model and the changes that were needed to do in order to ease the flaws that arised.

Keywords

Model, boxcox, adjusted, R, Excel, regressor variable, dependent variable, qualitative variable, quantitative variable.

Introducción

El ser humano, desde un tiempo arcaico, tiene sed de evolucionar y pertenecer a un territorio. En la actualidad, las necesidades de las personas son amplias y una esencial que deben satisfacer es el hecho de adquirir una vivienda digna, que se acople a cada una de las exigencias de sus compradores.

Gracias al avance de los últimos años, se ha presentado un cambio relevante en la arquitectura y en el diseño de las edificaciones debido a que las familias clásicas ahora no son las únicas en el comercio de bienes raíces, creando variables atípicas que generan dificultad a la hora de tomar la determinación y la aceptación del inmueble más adecuado.

Las características de una vivienda y su composición son factores que afectan directa o indirectamente su valor comercial; el propósito es realizar un análisis adecuado donde se observe qué variables influyen sobre el precio de venta final del inmueble, en este caso, se toman como base 50 observaciones de los apartamentos de la zona El Poblado [1,5].

Marco teórico

A raíz de lo ocurrido en la crisis del crédito estadounidense en el 2008, algunos países (Estados Unidos [2,3], Brasil [3,2] y Estados Unidos [4,4]) han considerado relevante el estudio de los factores que determinan los precios de las viviendas con el objetivo de descubrir a tiempo posibles brotes de especulación que terminen ocasionando una burbuja inmobiliaria que desencadene una crisis sistémica.

Sin embargo, en el caso colombiano no se han realizado estudios pertinentes sobre el tema, creando así la necesidad de un trabajo que sienta las pautas para futuros análisis; por tanto, se crea este artículo bajo los preceptos de un análisis de regresión lineal múltiple, teniendo como referencia las variables área, cantidad de habitaciones, cantidad de baños, si posee piscina y parqueadero, para estudiar la variación del precio respecto a ellas, generando una perspectiva del mercado para los futuros compradores interesados en las viviendas de dicho sector de Medellín.

El precio de un apartamento es decisivo en el momento de su compra, debido a que trae obligaciones como comprador y como vendedor; por ende, es importante que se esté instruido y orientado durante la búsqueda.

Análisis y resultados

Para desarrollar la investigación se utilizó un modelo de regresión lineal que relaciona la variable de interés (precio) con las covariables área, número de habitaciones, número de baños, si posee piscina y parqueadero.

A continuación se presenta el modelo considerado

$$\text{Precio} = \beta_0 + \beta_1 \text{Área} + \beta_2 \text{NA} + \beta_3 \text{NB} + \beta_4 \text{Pis}_{si} + \beta_5 \text{Par}_{si} + e_i \quad (1)$$

Donde e_i recibe el nombre de residual y tiene un papel importante para investigar la adecuación del modelo de regresión ajustado y para detectar diferencias respecto a las hipótesis básicas. NA y NB representan las variables número de alcobas y número de baños.

Para comenzar a obtener información necesaria que dé respuesta al problema planteado, se da solución al modelo considerado por medio de dos herramientas: R, un lenguaje de programación y *software* que brinda soluciones estadísticas, y que se ocupa del análisis de datos, en el cual es posible diseñar interfaces, gráficas y tablas; una de sus grandes fortalezas es que puede ser ampliado mediante paquetes que extienden sus funcionalidades [5,7]; y Excel, que es un *software* que permite crear tablas de cálculo para obtener de forma automática los totales de los valores numéricos que especifica, imprimir tablas con diseños y crear gráficos simples [6,6].

Haciendo uso de los modelos y de las herramientas se obtiene el modelo ajustado para la relación presentada entre el precio y las variables independientes; el código utilizado para dicho análisis se encuentra disponible al público [7,1]

$$\widehat{\text{Precio}} = 42.5361 + 2.5698 \text{Área} + 17.1762 \text{NA} - 9.7955 \text{NB} - 43.4495 \text{Pis}_{si} - 19.2616 \text{Par}_{si} \quad (2)$$

La ecuación presentada no es concluyente, puesto que se requiere un análisis más profundo a través de la interpretación de las variables cualitativas y cuantitativas por

medio de gráficos y tablas; con la ayuda de más datos se obtendría una información completa sobre el precio de venta.

Variables cuantitativas

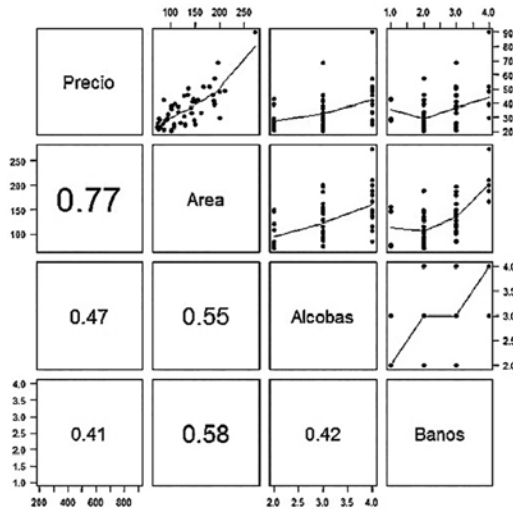
Como ya se había mencionado anteriormente, apropiarse de un domicilio no es una acción sencilla. Para facilitar esta labor se realiza un análisis descriptivo de variables que arroja como resultado la influencia de estas sobre el precio.

Con el objetivo de entender mejor el estudio, es útil conocer el significado de una variable cuantitativa para poder realizar un análisis correcto acerca de estas. "... Una variable cuantitativa es la que se expresa mediante un número, por tanto, se pueden realizar operaciones aritméticas con ella" [8,9].

En primera instancia se interpretan los coeficientes de las variables regresoras cuantitativas que arroja el modelo analizado, comenzando con el β_1 , que corresponde al coeficiente del área que indica que por cada metro cuadrado adicional de área se esperaría que el precio medio del apartamento aumente en promedio 2.5698 millones de pesos, siempre que los demás regresores se mantengan constantes.

Considerando el número de alcobas, se aprecia cómo por cada incremento de esta variable el precio aumentaría en promedio 17,1762 millones de pesos. Respecto a la cantidad de baños, se puede observar que en el modelo esta variable da como resultado decreciente, indicando que el precio será menor a mayor cantidad de baños, lo cual se ve reflejado en la gráfica, por cada aumento en el número de baños, el precio final decrecerá en promedio aproximadamente 9,7955 millones de pesos; lo que indica que una casa con una alta cantidad de baños no es atractiva para el consumidor, haciendo que el precio de la misma sea inferior; se podría entender, desde la perspectiva del consumidor, como un factor que desestimula la compra de vivienda en la zona estudiada.

Figura 1. Gráfico de dispersión y correlación entre las variables.



La correlación de dichas variables con respecto al precio se puede ver reflejada en la anterior gráfica.

La variable destacada para este caso es el área, debido a que presenta una correlación del 77 % con el precio, seguida por la variable NA que indica el número de alcobas de una casa que equivale al 47 % y, por último, la variable que presenta menor correlación es el número de baños, de 41 %.

Estas correlaciones indican la fuerza y la dirección que tienen las variables consideradas con respecto al precio de venta final, debido a que los valores de la variable dependiente varían sistemáticamente con respecto a los valores de las covariables.

Aparte de esto, es importante considerar las pruebas de la significancia de la regresión sobre coeficientes individuales, debido a que de dicha forma puede determinar la relación lineal existente entre el precio de los apartamentos y las diferentes covariables planteadas.

Al realizar dicha prueba con un nivel de significancia del 5 %, se obtuvo que la variable regresora “área” es la única que ayuda en gran magnitud a la estimación de la variable respuesta precio, es decir que aporta información para explicar la media de “Y” (precio); junto con esto, se observó que las demás variables no son significativas.

Además, el coeficiente de determinación da a conocer que el 61 % de la variabilidad del precio es explicada por el modelo ajustado, lo que origina el requisito de realizar gráficos de diagnósticos, donde aparte de los datos obtenidos por la base de datos, también se utilicen cálculos de los residuales (el residual es la diferencia entre el valor observado \hat{Y} y el valor ajustado correspondiente \hat{Y}), para analizar la calidad del ajuste dado por el modelo.

Figura 2. Gráficos de diagnóstico.

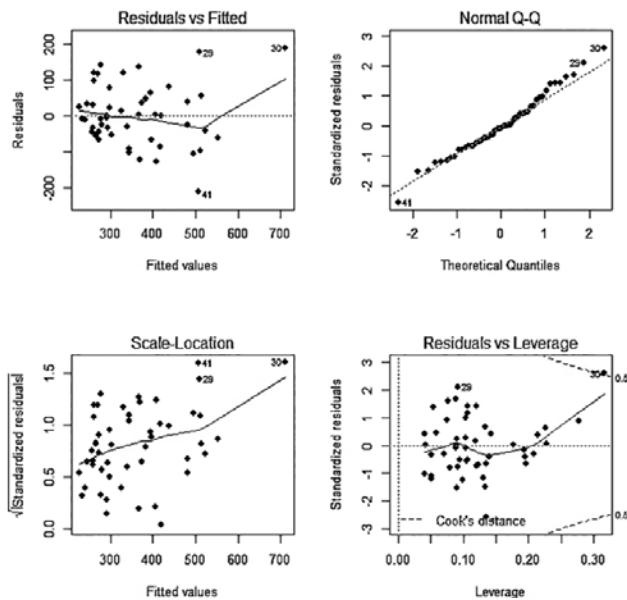
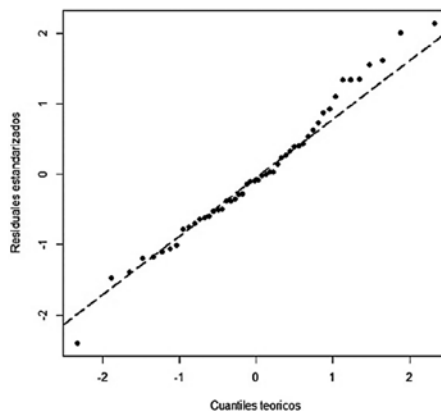


Figura 3. Gráfico de normalidad.

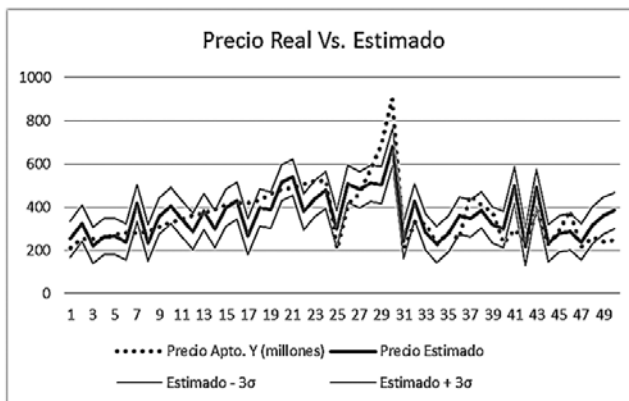


Al obtener dichas gráficas que corresponden a la normalidad, linealidad, homocedasticidad y heterocedasticidad de los datos, se puede observar cómo en el gráfico de normalidad los residuales no caen exactamente en una línea recta, lo cual da a conocer que hay valores atípicos en los datos; además, se observa que los errores no tienen distribución normal estándar ni varianza constante.

Esto nos da a entender que es necesario transformar el modelo para corregir inconsistencias, con el objetivo de mejorar los tres supuestos que abarcan dichas gráficas, que son el principio de la linealidad, normalidad de los errores y varianza constante.

Además, para tener un panorama general sobre la variable respuesta se realiza el análisis correspondiente del precio real de los apartamentos versus el precio estimado a partir del modelo obtenido. Este último se consigue reemplazando cada uno de los datos de la base inicial en la ecuación número 2 para cada vivienda analizada.

Figura 4. Precio real vs. estimado con bandas a $+3$ y -3 desviaciones estándar.



La gráfica demuestra la ineficiencia del modelo estimado, que se puede derivar de que el número de datos de la muestra, junto con las covariables analizadas, no es suficiente para determinar el precio de la vivienda en una zona como El Poblado.

Los picos extremos que no abarca el modelo dan indicios de sobrevaloración o subvaloración, según sea el caso, y que pueden sesgar el análisis del mismo dificultando la precisión a la hora de querer determinar el precio.

Una manera de hacer que el modelo abarque los datos reales es agregándole un canal al precio estimado con tres desviaciones estándar por encima y por debajo, de manera que se cubra el 98 % de los datos. Así pues, aquellos datos que salgan de este canal, además de estar sobrevalorados o subvalorados, se pueden considerar como ruido de mercado o posible especulación.

Variables cualitativas

A diferencia de las variables cuantitativas, las variables cualitativas se refieren a características o cualidades que no pueden ser medidas con números [9,10], por consiguiente, es necesario analizarlas con diagramas diferentes a los usados anteriormente.

En primera instancia se realizó un análisis de dichas variables haciendo uso de una tabla de contingencia en la cual se estudia la distribución conjunta de las covariables piscina y parqueadero.

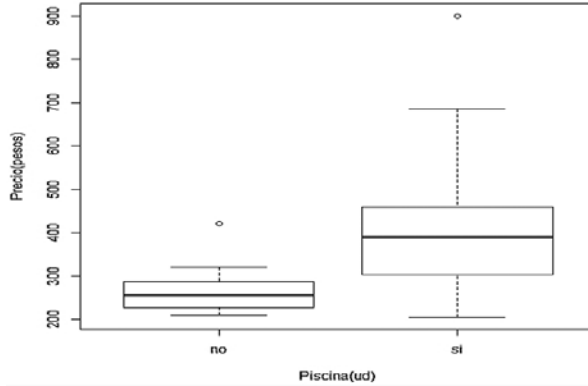
Tabla 1. Tabla de contingencia.

		Apartamento		
		Piscina	Parqueadero	Ambas
Tiene	Sí	35	44	33
	No	15	6	17

En esta tabla se pueden observar los resultados obtenidos en cuanto a las variables cualitativas analizadas con respecto a la base de datos de 50 apartamentos. En primer lugar, la tabla refleja que el 70 % de los apartamentos ubicados en El Poblado tiene piscina, el 88 % tiene parqueadero y el 66 % tiene ambas.

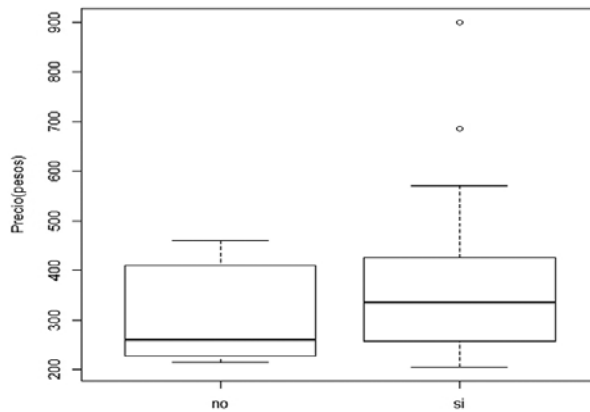
Una herramienta importante para mirar la relación entre una variable cuantitativa y otra cualitativa es el Boxplot, el cual es un diagrama basado en cuartiles, mediante el cual se visualiza un conjunto de datos [10,8].

Figura 5. Gráfico Boxplot precio vs. piscina.



Al construir el Boxplot para precio dada la variable piscina (ud significa unidades), se observa cómo el precio de los apartamentos cambia drásticamente, debido que para el caso de los que tienen piscina, los valores presentan muchas oscilaciones y el precio mediano de un apartamento que posea una es aproximadamente de 390 millones de pesos, mientras que los que no tienen, llegan a 270 millones de pesos.

Figura 6. Gráfico Boxplot precio vs. parqueadero.



Para la variable parqueadero (ud significa unidades) no se presentó una diferencia significativa entre los que contaban y los que no contaban con estos, el precio mediano es de 330 millones de pesos.

Ambas variables dan a entender que la variable piscina es más influyente en la variable de respuesta, el precio de los apartamentos, debido a que se genera un cambio significativo en el precio final si tiene o no.

Modelo transformado

Después de elaborar los análisis pertinentes, fue necesario hacer una transformación del modelo original con el fin de corregir las imprecisiones que tenía. Dicha modificación se hizo utilizando el método de Box-Cox, que es una transformación de potencia que consiste en hallar un valor de λ (*lambda*) con el cual se transforma el precio real, para maximizar la función de log-verosimilitud, en este caso, el lambda fue -0,222.

Luego de aplicar el método anteriormente mencionado se obtuvo un nuevo modelo

$$\widehat{\text{precio}}^{-0.222} = 3.214 * 10^{-1} - 3.262 * 10^{-4} \text{Área} - 3.744 * 10^{-3} \text{Alcobas} + 2.124 * 10^{-3} \text{Baños} + 3.395 * 10^{-4} \text{Piscina} + 2.187 * 10^{-3} \text{Parqueadero} \quad (3)$$

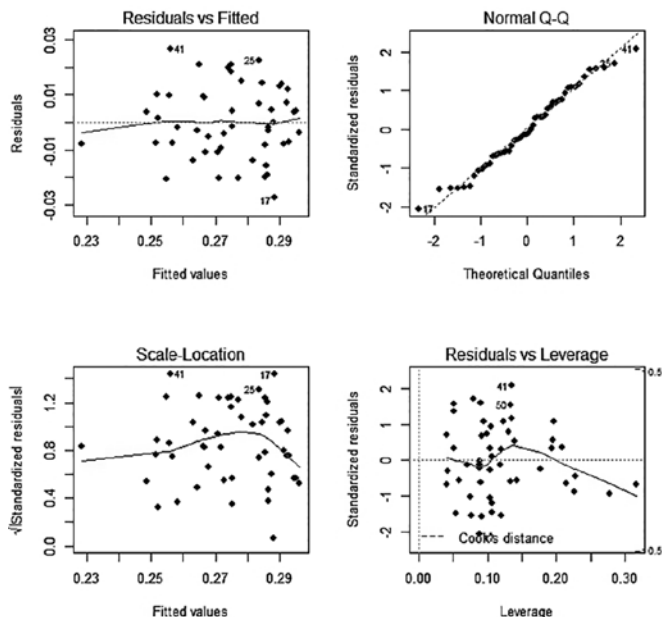
En el siguiente cuadro se presentan los nuevos valores que presentó dicho modelo, transformado con respecto a las estimaciones obtenidas del modelo inicial.

Tabla 2. Datos obtenidos de los modelos.

	Modelo ajustado	Valor-P	Modelo transformado	Valor-P
Intercepto	42.5361	0.506	3.214e-01	2e-16
Área	2.5698	9.43e-07	-3.262e-04	3.49e-05
Alcobas	17.1762	0.420	-3.744e-03	0.265
Baños	-9.7955	0.614	2.124e-03	0.486
Piscina	-43.4495	0.266	3.395e-04	0.956
Parqueadero	-19.2616	0.637	2.187e-03	0.733
R^2	61.34%		57.47%	
R^2 ajustado	56.95%		52.64%	
$\hat{\sigma}$	88.18		0.01384	
Valor- P	2.613e-07		3.511e-08	

El coeficiente de determinación ajustado indica que el 52,64 % de la variabilidad (precio) fue explicada por el modelo; como se puede observar, dicho coeficiente disminuyó en comparación con el obtenido en primera instancia, lo cual explica que este modelo no es muy confiable ni seguro, además, su porcentaje es relativamente bajo para tomar decisiones al momento de la compra de apartamentos, específicamente, en la zona de El Poblado.

Figura 7. Gráficos de diagnóstico para el modelo transformado.



La variable regresora que manifiesta la mayor significancia en el modelo es el área, ya que en el modelo ajustado indica un coeficiente de $-3.262 * 10^{-4}$, además de un valor-p $3.49 * 10^{-5}$ de lo que se puede deducir que esta covariable es la más significativa para realizar el análisis acerca de la toma de decisión a la hora de adquirir una propiedad raíz. Las otras variables explicativas no son significativas en el modelo.

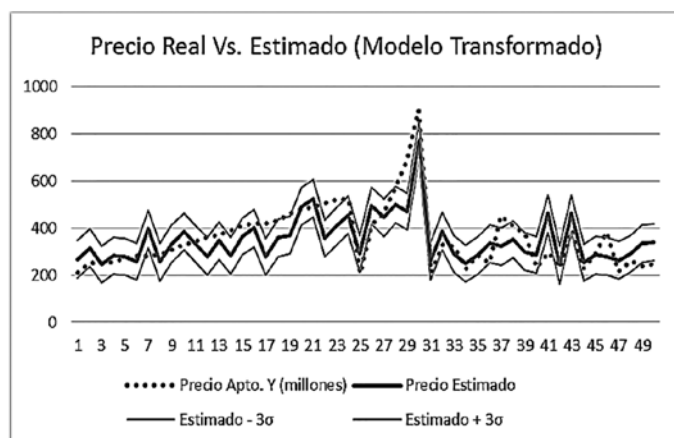
Una diferencia notable es el valor arrojado sobre la desviación estándar de los errores, debido a que en el modelo ajustado es de 88,18 y comparándolo con el modelo transformado, este es de 0.01384, lo cual describe que el segundo modelo mencionado es más aceptable, así los resultados entre los dos modelos manifiesten poca diferencia.

El valor-p de los dos modelos no tiene una diferencia relevante, señalando que los modelos no explican de una manera clara la media de la variabilidad del precio, además, las variables regresoras ejercen una información importante que genera una seguridad al tomar la decisión de comprar un apartamento; además, el coeficiente de determinación ajustado y el valor-p del modelo transformado bajaron con respecto al modelo ajustado, confirmando que el primer modelo mencionado no es fehaciente, como ya se insinuó anteriormente.

Debido a que no se presentó mucha diferencia entre ambos modelos se vio la necesidad de elaborar una nueva gráfica que refleje el precio estimado, teniendo en cuenta los nuevos coeficientes que arrojó el modelo transformado.

La nueva figura muestra cómo el precio estimado, a pesar de no ser cien por ciento preciso, se acerca más al precio real y el canal que se forma de sumar y restar tres desviaciones estándar abarca muchos más valores reales, reduciendo así el posible ruido de mercado.

Figura 9. Precio real vs. estimado con bandas a +3 y -3 desviaciones estándar para el modelo transformado.



Conclusiones

- En la actualidad, los mercados son cambiantes y la globalización hace que este cambio sea cada vez más rápido y drástico, creando así la necesidad de evolucionar y profundizar en estudios de este tipo para tener alguna herramienta a la hora de tomar una decisión de compra; sin embargo, como se mencionó anteriormente, esta no es la única herramienta ni la más óptima para crear un clima de confianza entre el comprador y los resultados arrojados; gracias a este artículo se destaca que la ayuda de estadísticos genera una mayor credulidad para invertir, adquirir y tomar la decisión precisa cuando se presenta la oportunidad de negocio.
- Las variables utilizadas en el modelo fueron necesarias para el análisis expuesto, aunque en este tema en específico se pueden tratar otras variables significativas, por ejemplo, el número de personas en la familia que van a habitar, el poder adquisitivo del comprador, el barrio en particular, entre otras; ya que si se hubieran tomado en cuenta, el modelo sería más completo y se prestaría para una mejor asesoría a la hora de tomar la decisión en cuanto a obtener una propiedad raíz.
- El análisis realizado no puede ser tomado como única herramienta al momento de adquirir una propiedad, es importante tener presente más información pertinente, como, por ejemplo, la fiducia del proyecto, la constructora, los años de la construcción, el manejo del espacio y demás factores que deben ser considerables cuando se quiere realizar una inversión valiosa, como lo es la adquisición de un apartamento; dichos factores son cambiantes, dependen del mercado y de la variable dependiente, que para este caso es el precio.
- La transformación del modelo no manifiesta ser óptima para la variable precio, ya que los resultados arrojados en el estudio, como lo es el valor-P que es de $3,51 * 10^{-8}$, no enseñan justificaciones necesarias ni explícitas para los consumidores que aspiren a realizar este tipo de inversión.
- En el caso de las variables cuantitativas, la variable regresora que causó más influencia en el modelo tomado durante el análisis sobre el precio de las propiedades es el área que poseen los apartamentos; por otro lado, cuando se habla de las variables cualitativas (piscina, parqueadero), la más relevante es poseer o no piscina, ya que la oscilación del precio es sobresaliente.

Referencias

1. *Análisis en R de las observaciones obtenidas*. Recuperado de <https://www.dropbox.com/sh/yqe5oi6tvjw4nt6/VJoMRJc2MM/codigo.pdf>
2. Florencio, L. *et al.* (2012). *Real state appraisal of land lots using GAMLSS models*.
3. M. Clapp John *et al.* (2002). *Predicting spatial patterns of house prices using LPR and bayesian smoothing*.
4. McMillen y Thorsnes (1998). *Land value and parcel size: a semiparametric analysis*.
5. Recuperado de <http://www.vivareal.com.co/inmobiliarias/antioquia/medellin/>
6. Recuperado de <http://office.microsoft.com/es-es/excel-help/que-es-excel-HA010265948.aspx>
7. Recuperado de <http://www.r-project.org/>
8. Recuperado de <http://boxplotcaja.blogspot.com>
9. Recuperado de http://www.ditutor.com/estadistica/variable_cuantitativa.html
10. Recuperado de http://www.ditutor.com/estadistica/variable_cualitativa.html

Perfume a partir de los residuos de caña de azúcar

Liseth Paola Franco

Instituto Politécnico Empresarial Colombiano
Colombia
liseth0221@hotmail.com

Carolina López Durán

Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Palmira
Colombia
krol.lo96@hotmail.com

Jenny Velásquez Riascos

Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Palmira
Colombia
jenny.velasquez@upb.edu.co

Resumen

En la industria azucarera se genera gran variedad de subproductos, tales como el bagazo, melaza, cogollos y cachaza; a los cuales no se les explotan todas las propiedades físico-químicas que poseen. Aprovechando los subproductos de este tipo de industria, se busca la elaboración de un perfume proteico a partir del etanol, las proteínas estructurales y los aceites esenciales extraídos de la destilación fraccionada del bagazo de caña de azúcar.

Palabras clave

Perfume proteico, bagazo de caña, etanol, celulosa, hemicelulosa, lignina, destilación.

Abstract

In the sugar industry a variety of products such as bagasse, molasses and rum, which are not appreciating all physicochemical properties possessed generated. Taking advantage of the byproducts of this industry, is looking to develop a fragrance of ethanol protein, structural proteins and essential oils extracted from the fractional distillation of bagasse sugarcane

Keywords

Perfum protein, bagasse of sugar cane, ethanol, cellulose, hemicellulose, lignin, distillation.

Definición del problema

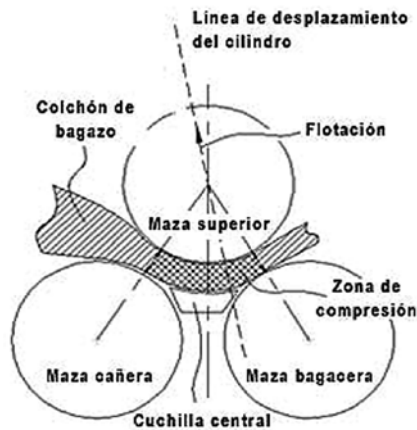
El bagazo de caña de azúcar se usa actualmente en la industria azucarera para alimentar el funcionamiento de calderas, fabricar bagacillo y para hacer mieles hidráulicas; en la industria papelera se usa esencialmente en el proceso de fabricación del papel y en cierto tipo de aglomerados para muebles. Si al bagazo se le diera un mayor valor agregado, se utilizaría en mayor medida para producir etanol (fabricación de solventes), aislantes de proteínas (bebidas, perfumes y cosméticos) y la obtención de esencias, ya sean de uso medicinal o estético.

Marco teórico

La *Saccharum officinarum* o comúnmente conocida como caña de azúcar es una especie de planta perteneciente a la familia de las poáceas. Actualmente, el Valle del Cauca siembra casi 223 000 hectáreas y cosecha anualmente 28 millones de toneladas (Cenicaña, 2007), produciendo azúcar y desechando residuos como bagazo, que actualmente se usa como combustible en las calderas.

En el contexto industrial, la caña llega al ingenio, donde se extrae el jugo, éste se clarifica y luego se cristaliza para separar el azúcar. La extracción se hace generalmente en un molino que pasa la caña entre tres o cuatro masas de acero, que exprimen los tallos y sacan todo el jugo.

Figura 1. Principio de trabajo del molino de caña de azúcar.



Para mejorar la extracción se añade agua que disuelve y logra sacar más azúcar. El residuo sólido fibroso se llama bagazo (30 % peso/peso de bagazo de caña por caña alimentada a la industria) y es usado para hacer papel y para quemar en la caldera que utiliza todo el proceso del ingenio, cuando sale del proceso con un 40 % de contenido de agua.

Su notable ventaja sobre otras fibras de plantas no leñosas consiste en que el costo de su recolección, la extracción de su jugo y su limpieza están a cargo de la industria azucarera.

Composición del bagazo

El bagazo completo está integrado por tres componentes principales:

- Recubrimiento: aquí se incluye la epidermis, la corteza y el preciclo.
- Médula: parénquima o tejido básico, con mazos de fibra distribuidos irregularmente
- Mazos de fibra vascular: aquí figuran las células conductoras de pared delgada asociadas con fibras de pared relativamente delgadas con estrecho lumen.

Composición química

Celulosa: es el componente más simple encontrado en el material lignocelulósico de las plantas, es el más abundante en la biosfera. Está compuesto por un polímero de residuos de D- glucosa unidos por enlaces contiguos, estabilizada por puentes de hidrógeno intermoleculares.

Sintetiza moléculas de etanol al entrar en contacto con los polímeros de hemicelulosa (mutis, 2010)

Hemicelulosa: es un compuesto que forma estructuras poliméricas diversas, que pueden estar relacionadas cercanamente tanto con celulosa como con lignina. Sintetiza moléculas de etanol al entrar en contacto con los polímeros de celulosa.

Lignina: es un polímero complejo, tridimensional, globular, irregular, insoluble y de alto peso molecular. En las plantas, la lignina se encuentra químicamente unida a la hemicelulosa y rodeada de las fibras compuestas por celulosa. Es responsable de la rigidez de las plantas y de sus mecanismos de resistencia al estrés y a ataques microbianos, proporcionándoles regeneración estructural. Fácilmente forma proteínas estructurales en soluciones con etanol (Zambrano, 2010).

Extractivos: los extractivos son aquellas sustancias que se encuentran presentes en las diferentes fibras vegetales, pero que no son carbohidratos.

Los extractivos son responsables de la defensa de los vegetales hacia los diferentes microorganismos e insectos, puesto que en su mayoría se componen de moléculas insecticidas que brindan este beneficio a las plantas.

La composición química de las diferentes fracciones del bagazo, incluyendo el bagazo entero, la fibra y la medula, se describen a continuación:

Tabla 1. Propiedades químicas de las fracciones del bagazo.

	Entero	Fibra	Médula
Solubilidad en éter (%)	0.25	0.12	2.5
Solubilidad en alcohol-benceno (%)	4.1	1.8	2.8
Solubilidad en agua caliente (%)	2.5	0.9	1.9
Lignina (%)	20.2	20.8	20.2
Pentosa (%)	26.7	27.9	28.4
Hemicelulosa (%)	76.6	77.8	77.7
Alfa celulosa (%)	38.1	42.4	34.8
Ceniza (%)	1.67	0.7	2.29

Figura 2. Fórmula estructural de la celulosa.

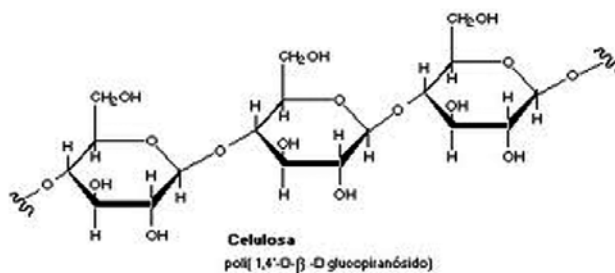


Figura 3. Fórmula estructural de la hemicelulosa.

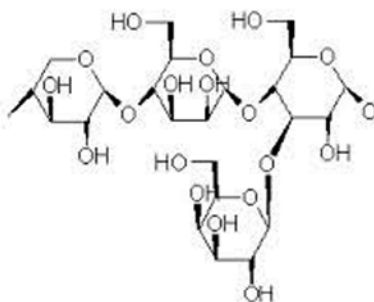


Figura 4. Fórmula estructural de la lignina.

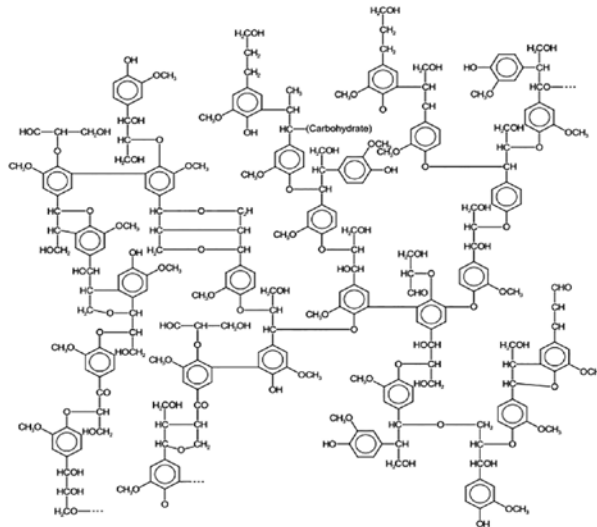
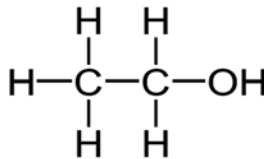


Figura 5. Fórmula estructural del etanol.



Compuestos que se pueden extraer del bagazo de caña de azúcar

Etanol o alcohol etílico: el etanol obtenido de la destilación fraccionada del bagazo de caña de azúcar se separa de este a los 78 °C, formándose a partir de la unión de los polímeros de celulosa y hemicelulosa presentes en el mismo, al entrar en contacto con benceno o ciclo hexano.

Este etanol es un líquido incoloro e inflamable y suele tener una concentración no mayor del 20 % dependiendo de la variedad de la caña; además de usarse con fines culinarios (bebida alcohólica), el etanol se utiliza ampliamente en muchos sectores industriales y en el sector farmacéutico como excipiente de algunos medicamentos y cosméticos (es el caso del alcohol antiséptico 70° G. L. y en la elaboración de ambientadores y perfumes), para fabricar bebidas alcohólicas.

Proteína cruda estructural: las proteínas presentes en el bagazo de caña de azúcar se encuentran en el material lignocelulósico de este, y posee un 18,1 % de proteína cruda estructural para regeneración epidérmica por cada 100 gr de lignina apartada, la cual le permite al tallo de la planta una regeneración lenta, pero eficaz de tejido, cada vez que este es afectado por la intervención de algún insecto o microorganismo.

Las proteínas estructurales del bagazo de caña pueden ser fácilmente apartadas de este a 50 °C durante una destilación fraccionada.

Figura 6. Proteína cruda de laboratorio.

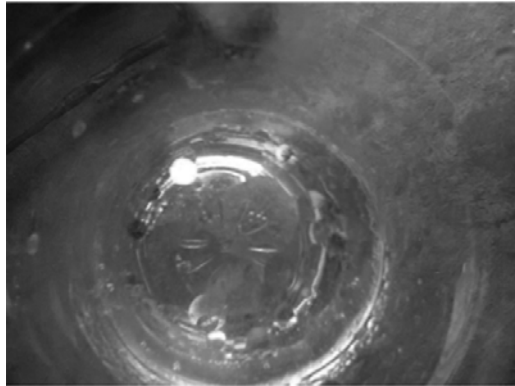


Aceite esencial acaricida: el bagazo de caña de azúcar, dentro de su composición de 7,5 % en extractivos, contiene hasta un 15 % de aceite esencial por cada 100 gr de extractivos apartados.

Este aceite esencial posee un olor muy ligero, característico de la caña de azúcar como tal, que es usado por la planta como defensa para exterminar la mayor cantidad de ácaros que se le aferren. Puede llamarse aceite esencial de caña de azúcar o esencia de caña de azúcar.

Los aceites esenciales suelen obtenerse mediante la destilación fraccionada de cualquier planta odorífica y se desprenden de estas a los 94 °C.

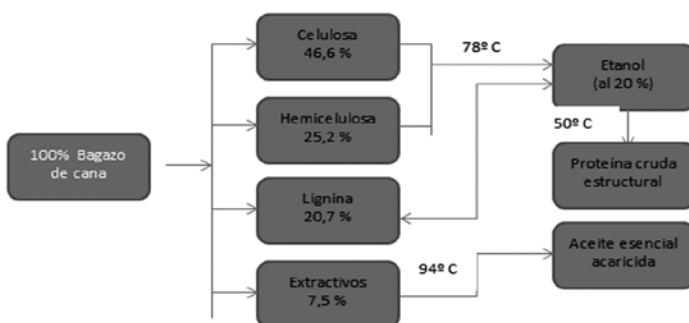
Figura 7. Aceite esencial de laboratorio.



La obtención del perfume proteico se hace a través de la destilación fraccionada, ya que el uso de una columna de fraccionamiento permite un mayor contacto entre los vapores que ascienden con el líquido condensado que desciende, por la utilización de diferentes “platos” (placas). Ello facilita el intercambio de calor entre los vapores (que ceden) y los líquidos (que reciben). Ese efecto produce un intercambio de masa, donde los líquidos con menor punto de ebullición se convierten en vapor, y los vapores de sustancias con mayor punto de ebullición pasan al estado líquido.

Al realizar la destilación fraccionada con el bagazo se obtiene lo siguiente:

Tabla 2. Destilación fraccionada del bagazo de caña de azúcar.



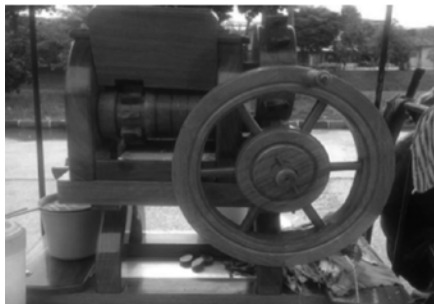
Estudio de la materia prima

La caña de azúcar para este estudio se obtuvo bajo las siguientes características:

1. La profundidad de la tierra del cultivo es de 30 cm.
2. El cultivo de caña fue abonado orgánicamente (cáscaras de papa, maduro, tomate y huevo).
3. El sistema de riego usado fue el agua lluvia.

Bagazo de caña de azúcar: obtenido de moler la caña mencionada anteriormente cuatro veces seguidas en un molino casero.

Figura 8. Molino artesanal utilizado en la obtención del bagazo.



Antes de preparar el perfume proteico como tal, se debe extraer del bagazo de caña de azúcar, el etanol, las proteínas crudas estructurales y los aceites esenciales que harán parte de su composición final.

El benceno usado para la destilación fraccionada del bagazo de caña de azúcar fue introducido en el procedimiento solo para que permitiera apartar el etanol, la proteína estructural y el aceite esencial de este subproducto.

Por ende, este debe ser reobtenido para evitar su participación dentro del producto final, y se sacará del proceso de elaboración del perfume teniendo en cuenta que su punto de ebullición es de 81 °C.

Metodología

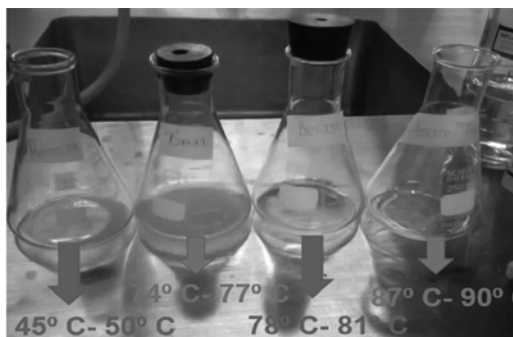
1. Se licuan en 1000 ml de solución de benceno (diluido al 10 %) 500 gr de bagazo de caña de azúcar, se deposita la mezcla en un envase de vidrio previamente tapado y se deja en un lugar fresco durante un día completo (así se da lugar a la fermentación alcohólica necesaria para el proceso).
2. Una vez concluido este periodo de tiempo, se traslada la mezcla obtenida a un balón de fondo redondo con desprendimiento lateral de 1000 ml, y se procede a realizar el montaje de laboratorio

Figura 9. Montaje de la destilación fraccionada.



Durante este procedimiento de destilación se debe controlar previamente la temperatura de la mezcla, ya que los compuestos que se van a obtener presentarán diferentes temperaturas. También es importante recalcar que la temperatura de ebullición del agua en Palmira es de 96 °C, razón por la cual se realizaron ajustes en las temperaturas obtenidas.

Figura 10. La temperatura de obtención de estos compuestos.



Después de obtener del bagazo de caña de azúcar los tres compuestos necesarios para la elaboración del perfume proteico, en un balón de fondo plano se mezcla el alcohol etílico (750 ml) y el propilenglicol (50 ml), en este orden, durante cinco minutos.

3. Posteriormente, en otro balón, se mezcla la proteína cruda (5 ml), el aceite esencial (180 ml) y el fijador para perfume (15 ml), también en este orden, en el mismo periodo de tiempo.
4. Paulatinamente se agrega la mezcla número 1 sobre la mezcla número 2 y se agita constantemente durante cinco minutos.
5. Terminado el proceso, se debe contener la sustancia en un envase de vidrio con tapa, completamente seco, a una temperatura de -5°C durante 24 horas aproximadamente.
6. Una vez superadas las 24 horas de enfriamiento, se debe dejar lacerar o fermentar (compactación del alcohol con el aroma) por un tiempo de 10 días como mínimo; de esta manera, el perfume está en óptimas condiciones para su aplicación.

Figura 11. Producto terminado.



Balance de masa del proceso de destilación fraccionada

Se tiene una mezcla central de 500 gr de bagazo de caña de azúcar licuados en 1000 ml de solución del benceno (diluido al 10 %). Se tiene como masa inicial de la mezcla central un total de 952,5 gr de bagazo de caña, de la masa final de la mezcla central se obtuvieron 802,3 gr de bagazo y la cantidad de mezcla central que se destiló fue de 150,2 gr de bagazo de caña.

Una vez realizado el proceso de destilado, se tuvo una cantidad total de componentes igual al 131,6 gr. De este proceso se perdieron 18,6 gr de la mezcla central, lo que da una eficiencia del proceso de destilación fraccionada igual a 87,6 %

Conclusiones

- Se aprovecharon y explotaron las características fisicoquímicas del bagazo de caña de azúcar, al elaborar un perfume proteico que le generará un valor agregado a este subproducto de molienda.
- Se logró extraer mediante una destilación fraccionada etanol, proteína estructural y aceite esencial del bagazo de caña de azúcar.

- Se elaboró un perfume proteico denominado BACAZÚ a partir de los compuestos obtenidos de la destilación fraccionada del bagazo de caña de azúcar.
- Se logró una innovación relacionada con el sector cosmético al elaborar un perfume natural, a partir del bagazo de caña de azúcar.
- Se comprobó la capacidad proteica y acaricida del perfume BACAZÚ de manera estimada, al realizar una encuesta de satisfacción a 15 personas que expresaron su nivel de agrado.

Agradecimientos

A la participación de la ingeniera Ximena Andrea Guevara del Instituto Politécnico Empresarial Colombiano Sede Palmira y los laboratorios de la Universidad del Valle.

Referencias

1. Aguilar Valencia, D. (2011). *Producción de etanol a partir de bagazo de caña panelera mediante un sistema híbrido de fermentación y pervaporación* (tesis). Universidad Nacional, Manizales.
2. ASOCAÑA (2011). *Informe Anual de Asocaña 2010-2011*.
3. Delfín Britos, L. (2009). *Proyecto de una planta de papel a partir del bagazo de caña* (tesis). Universidad Nacional de Asunción, Asunción.
4. Gonzáles Pérez, F. (2006). El bagazo como combustible y su relación con los principales factores agroindustriales. Fuentes de energía en la industria de la caña de azúcar. *Mundo eléctrico*, 20(63).
5. Mutis Castro, D. (2010). *Delignificación de desechos de la caña de azúcar (hojas y cogollos) con procesos químicos* (tesis). Universidad del Valle.
6. Zambrano, Y. (2011). Delignificación de residuos de la caña de azúcar con organosolventes para la producción de etanol. XXVI Congreso Colombiano de Ingeniería Química.

Optimización multiobjetivo utilizada para resolver un caso de producción

Carlos Alberto Ramírez

(carlosrv178@gmail.com)^a

Daniel Maya Arias

(dmaya02@hotmail.com)^a

Javier Darío Fernández Ledesma

(javier.fernandez@upb.edu.co)^a

^a Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Industrial, Medellín, Colombia, 2013

Resumen

En el siguiente artículo se realizó un análisis sobre una empresa teórica aplicando la optimización multiobjetivo como herramienta para encontrar un óptimo de producción, tomando en cuenta la limitación del problema al tener varias funciones objetivo. Los objetivos, que se deben alcanzar de manera simultánea, serán minimizar los costos por horas extras y minimizar los desperdicios implementando las herramientas GAMS (General Algebraic Modeling System) y el SOLVER de Excel.

Palabras clave

Optimización multiobjetivo, óptima, función objetivo, GAMS, SOLVER.

Abstract

In this paper we conducted a theoretical analysis of a company applying multi-objective optimization as a tool to find an optimal production, taking into account the limitation of the problem of having multiple objective functions. The objectives to be achieved simultaneously will minimize overtime costs, minimize waste by implementing the tools GAMS (General Algebraic Modeling System) and Excel SOLVER.

Keywords

Multi-objective optimization, optimal objective function, GAMS, SOLVER.

Introducción

“Cuando una cosa está hecha, no mire hacia atrás. Mire su próximo objetivo”
(George Marshall)

A medida que el mercado global se hace más competitivo, aplicaciones como la optimización y la investigación de operaciones han ganado terreno dentro de las nuevas teorías de producción: *lean manufacturing*, TOC, *just in time* y *six-sigma*. Una de las formas esenciales de administrar para poder sobrevivir y liderar en la actualidad es la habilidad para identificar y utilizar recursos de una manera óptima (Agrawal, Subramanian, & Kapoor, 2010).

El fin de un problema de optimización es encontrar un valor mínimo o máximo, según sea el caso, de una función objetivo sujeta a varias restricciones, presentando soluciones como: cantidades para producir, rutas más cortas, menores costos, entre otros. ¿Pero qué pasa cuando se tiene más de una función objetivo?

“Se puede decir que los problemas reales en general involucran más de un objetivo a la vez” (Uresti, 2010). En estos casos, se deben tomar decisiones que

aumenten ciertas variables mientras disminuyen otras, como es el caso de las utilidades y los desperdicios (Ragsdale, 2010). Ante este problema se presenta la optimización multiobjetivo como una herramienta que permite solucionar estos casos.

El siguiente artículo presentará un caso teórico-práctico donde se encuentran varias funciones objetivo: minimizar los costos de horas extras y minimizar los desperdicios. Presentando así la optimización multiobjetivo como una excelente herramienta.

1. Optimización multiobjetivo

La optimización multiobjetivo busca resolver problemas que involucran múltiples funciones objetivo. Estos objetivos tratan de minimizar los costos o desperdicios e, igualmente, maximizar las ganancias.

En esta optimización puede no existir una solución que sea la mejor con respecto a todos los objetivos, esta es, en realidad, un vector de variables de decisiones que satisface ciertas restricciones y optimiza una función vector cuyos elementos representan las funciones objetivo.

Según (Sanchez & Montoya, 2008), los problemas de optimización multiobjetivo se componen de tres elementos básicos:

- Una o varias funciones objetivo, son la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema que se desea optimizar (maximizar o minimizar).
- Las variables representan las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo, se pueden clasificar en variables independientes o de control, y variables dependientes o de estado.
- Las restricciones representan el conjunto de relaciones que ciertas variables están obligadas a satisfacer, se expresan en términos de ecuaciones e inecuaciones.

Según lo anterior, podemos determinar que resolver un problema de optimización multiobjetivo consiste en encontrar el valor de las variables de decisión que permite hacer óptimo el conjunto de funciones objetivo y satisfacer las restricciones.

Un problema de optimización multiobjetivo es aquel que optimiza una función vectorial de k funciones objetivo, con $K > 1$, las cuales incluyen un conjunto de n variables de decisión y un conjunto de m restricciones, donde las funciones objetivo y las restricciones son función de las variables de decisión; matemáticamente se puede formular de la siguiente manera.

Optimizar:

$$Y = F(x) = (f_1(x) \dots \dots, f_2(x))$$

Sujeto a:

$$g(x) = (g_1(x) \dots \dots, g_2(x)) \leq 0$$

Donde:

$$x = (x_1 \dots \dots, x_n) \in X \subseteq R^n$$

$$y = (y_1 \dots \dots, y_n) \in Y \subseteq R^n$$

Donde y es el vector objetivo, x es el vector decisión, $X \subseteq R^n$ es el espacio de decisión y $Y \subseteq R^n$ es el espacio objetivo.

Ragsdale (2010) define el siguiente algoritmo para resolver un problema de optimización multiobjetivo:

1. Identificar las variables de decisión en el problema.
2. Identificar los objetivos en el problema y formularlos de la manera habitual.
3. Identificar las restricciones en el problema y formularlas de la manera habitual.
4. Resolver el problema para cada uno de los objetivos identificados en el paso 2 para determinar el valor óptimo de cada objetivo.
5. Replantear los objetivos como metas utilizando los valores óptimos objetivo identificados en el paso 4.
6. Para cada meta crear una función de desviación que mida la cantidad que una solución dada está lejos de la meta.

7. Para cada una de las funciones de desviación identificadas en el paso 6, asigne un peso a la función de desviación y cree una restricción que requiere que el valor de la función de la desviación ponderada sea menor que la variable Q MINIMAX.
8. Resolver el problema resultante con el objetivo de minimizar Q .
9. Revise la solución del problema. Si la solución es inaceptable, ajuste los pesos en el paso 7 y regrese al paso 8.

2. Caso: empresa Yoyo

La empresa Yoyo se dedica a la venta de yogures con tres tipos de sabores diferentes: fresa, mora y melocotón. Cuenta con dos máquinas: la empacadora 1 y la empacadora 2 para la saborización y empaque de estas tres referencias. Según un estudio de mercado, para el próximo trimestre habrá un aumento inesperado de la demanda que supera la capacidad trimestral de las empacadoras de la siguiente manera: fresa, 830 ud; mora, 1100 ud, y melocotón, 520 ud. Para suplir la demanda adicional debe implementar horas extras durante el trimestre en las máquinas con un valor de \$15 410 (empacadora 1) y \$5 550 (empacadora 2). El valor de estas horas extras tiene en cuenta el valor de mano de obra extra, consumo de agua, consumo de energía y materia prima.

Las capacidades de las máquinas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Capacidades de las máquinas.

Capacidades (Ud/hora)		
	Emp. 1	Emp. 2
Fresa	9	3
Mora	9	6
Melocotón	6	3

Existe un porcentaje de desperdicio asociado a cada máquina y producto, y este varía porque para cada yogur se usa un material de empaque diferente y, además, de diferentes proveedores. En la siguiente tabla se exponen los desperdicios en kg/hora:

Tabla 2. Desperdicios generados.

Desperdicios (kg/hora)		
	Emp. 1	Emp. 2
Fresa	3,10	2,20
Mora	2,50	3,20
Melocotón	3,50	1,80

El jefe de producción desea saber cuál es la mezcla ideal de horas extras para programar en sus empacadoras en el próximo trimestre, buscando minimizar desperdicios y costos, teniendo en cuenta que el gerente general de la compañía le da el triple de importancia a la minimización de los costos que a la de desperdicios.

Nota: por políticas de la empresa en términos de disminución de tiempos y costos asociados a arranques y *set-ups*, cada hora extra debe programarse para producir solo un tipo de yogur en cada máquina (es decir, los valores de X_{ij} deben ser enteros).

2.1 Problema

X_{ij} : Horas extras para programar en los próximos tres meses para producir el yogur j en la máquina i .

$i=1,2$. (Empacadora 1, empacadora 2).

$j=1,2,3$. (Fresa, mora, melocotón).

$\text{Min} = 15.410X_{1j} + 5.500X_{2j}$ Minimizar el costo de hora extra.

$\text{Min} = 3.1X_{11} + 2.2X_{21} + 2.5X_{12} + 3.2X_{22} + 3.5X_{13} + 1.8X_{23}$ Minimizar los desperdicios por hora.

S.A

$9X_{11} + 3X_{21} \geq 830$ Demanda de fresa.

$9X_{12} + 6X_{22} \geq 1100$ Demanda de mora.

$6X_{13} + 3X_{23} \geq 520$ Demanda de melocotón.

$X_{ij} \geq 0$

X_{ij} Entero

Como podemos ver, este problema tiene dos objetivos diferentes, por lo tanto, estos se deben resolver como problemas individuales; es decir, se optimiza para el costo y luego para los desperdicios, como si fueran problemas independientes.

2.2 Solución

Lo primero que se hace para solucionar este problema es resolver cada uno de los objetivos independientemente. En las siguientes tablas se expone la solución utilizando SOLVER de Excel:

Tabla 3. Minimización de costos de horas extras.

	Fresa		Mora		Melocotón		Totales
	Emp1	Emp2	Emp1	Emp2	Emp1	Emp2	
	92,0	1,0	0	184	0,0	174,0	
Objetivos							
Horas Extra	\$ 15.410	\$ 5.500	\$ 15.410,00	\$ 5.500,00	\$ 15.410,00	\$ 5.500,00	\$ 3.392.220,00
Desperdicios	3,1	2,2	2,5	3,2	3,5	1,8	1189,4
Restricciones							
Capacidades	9	3	9	6	6	3	
Producción Lograda	831		1104		522		
Producción Requerida	830		1100		520		

Tabla 4. Minimización de desperdicios.

	Fresa		Mora		Melocotón		Totales
	Emp1	Emp2	Emp1	Emp2	Emp1	Emp2	
	92,0	1,0	123	0	87,0	0,0	
Objetivos							
Horas Extra	\$ 15.410	\$ 5.500	\$ 15.410,00	\$ 5.500,00	\$ 15.410,00	\$ 5.500,00	\$ 4.659.320,00
Desperdicios	3,1	2,2	2,5	3,2	3,5	1,8	899,4
Restricciones							
Capacidades	9	3	9	6	6	3	
Producción Lograda	831		1107		522		
Producción Requerida	830		1100		520		

Se puede observar que para la minimización de Costos por Horas Extras los desperdicios quedan muy altos con un valor de 1189,4 kg; y en el caso contrario cuándo se minimizan los desperdicios, los costos de horas extras suben con un valor de \$4.659.320. Esto indica que la optimización multi objetivo necesita un paso más allá que la simple optimización independiente de cada uno de los objetivos, pues las soluciones son dispares.

2.3 Nuevo problema

Para solucionar este problema se necesita implementar el método MINIMAX, en el que se utiliza programación por metas. Con este método se busca minimizar las desviaciones porcentuales del valor logrado con respecto a la meta. Las metas o los ideales son los valores que se obtuvieron en la minimización individual, y son las siguientes.

Meta 1: minimizar los desperdicios hasta aproximadamente 899,4 kg.

Meta 2: lograr minimizar los costos hasta aproximadamente \$3 392 220.

Para poder crear un modelo MINIMAX habrá que crear una variable Q que queda de la siguiente manera:

$$Q = \text{Max} \{ \text{vp. costo}, \text{vp. desperdicios} \}$$

- $\text{vp. costo} = w1 \left(\frac{15.410X_{1j} + 5.500X_{2j} - \$3.392.220}{\$3.392.220} \right)$
- $\text{vp. desperdicio} = w2 \left(\frac{3.1X_{11} + 2.2X_{21} + 2.5X_{12} + 3.2X_{22} + 3.5X_{13} + 1.8X_{23} - 899.4 \text{ kg}}{899.4 \text{ kg}} \right)$

Con este criterio, podemos pasar a resolver el problema, que queda de la siguiente manera:

Min Q

S. A.

$$9X_{11} + 3X_{21} \geq 830 \text{ Demanda de Fresa.}$$

$$9X_{12} + 6X_{22} \geq 1100 \text{ Demanda de Mora.}$$

$$6X_{13} + 3X_{23} \geq 520 \text{ Demanda de melocotón.}$$

$$\text{vp.costo} \leq Q \text{ Meta 1 Restricción MINIMAX}$$

$$\text{vp.desperdicio} \leq Q \text{ Meta 2 restricción MINIMAX}$$

$$X_{ij} \geq 0$$

$$X_{ij} \text{ Entero}$$

2.4 Solución nuevo problema

De acuerdo con el enunciado, el gerente general le da un peso de $w_1=3$ al costo y de $w_2=1$ a los desperdicios. Este problema se planteó en GAMS y el código se muestra en la siguiente figura:

Figura 1. Sets, tablas, parámetros y variables en GAMS.

```

set i Maquina / Emp1,Emp2/:
set j Yogur / Fresa,Mora,Melocoton/:

Table C(i,j) Capacidad de máquina i para yogur j
      Fresa  Mora  Melocoton
Emp1    9    9    6
Emp2    3    6    3;

Table D(i,j) Desperdicios de máquina i para yogur j
      Fresa  Mora  Melocoton
Emp1    3.1  2.5  3.5
Emp2    2.2  3.2  1.8;

Parameters
B(j) Demanda para cada tipo de yogur
/ Fresa    830
  Mora    1100
  Melocoton 520/

Variables
X(i,j) Cantidad de horas extras programadas en la máquina i para yogur j.
Z Objetivo
Q MINIMAX;

INTEGER variables X;

X.up(i,j)=200

```

Figura 2. Ecuaciones en GAMS.

```

equations
OBJ Función MINIMAX
R1 Restricción fresa
R2 Restricción Mora
R3 Restricción Melocoton
R4 Meta 1
R5 Meta 2;

OBJ.. Z=E*Q;

R1.. Sum(i, C(i,'Fresa')*X(i,'Fresa')) =G= B('Fresa');
R2.. Sum(i, C(i,'Mora')*X(i,'Mora')) =G= B('Mora');
R3.. Sum(i, C(i,'Melocoton')*X(i,'Melocoton')) =G= B('Melocoton');
R4.. (sum(j, 15410*X('Emp1',j))+ sum(j, 5500*X('Emp2',j)))-3392220)=L=3392220*Q/3;
R5.. (sum(i,j),X(i,j)*D(i,j))-899.4)=L=899.4*Q ;

MODEL yogur /ALL/
SOLVE yogur USING MIP MINIMIZING Z;
    
```

Resolviendo este problema en GAMS y SOLVER de Excel, la solución queda como sigue:

Figura 3: Resultados para el modelo en GAMS.

```

---- VAR X Cantidad de horas extras programadas en la máquina i para yo
          LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Emp1.Fresa      .      93.000  200.000  0.014
Emp1.Mora       .      37.000  200.000  0.014
Emp1.Melocoton  .          .    200.000  0.014
Emp2.Fresa      .          .    200.000  0.005
Emp2.Mora       .     129.000  200.000  0.005
Emp2.Melocoton  .     174.000  200.000  0.005

          LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
---- VAR Z      -INF    0.245  +INF    .
---- VAR Q      -INF    0.245  +INF    .

Z Objetivo
Q MINIMAX
    
```

Tabla 5. Resultados para las variables respuesta

Fresa		Mora		Melocotón	
Emp1	Emp2	Emp1	Emp2	Emp1	Emp2
92,0	1,0	35	131	0,0	174,0

Tabla 6. Resultados de las funciones objetivo.

Objetivos	Totales	Meta	Desviación %	Peso	Desviación % Pesada
Horas Extra	\$ 3.640.070,00	\$ 3.392.220,00	7,31%	3	21,92%
Desperdicios	1107,3	899,4	23,12%	1	23,12%

Tomamos como mejor solución la arrojada por el SOLVER, pues se logra una mayor minimización de la función objetivo: tomando un valor de 23,12 % en comparación con 24, 5% de GAMS.

Esto quiere decir que como respuesta final al problema planteado, el jefe de producción debe asignar las horas extras para el próximo trimestre de la siguiente manera: 92 horas para yogur de fresa, 35 para mora y 0 para melocotón en la empacadora 1; y una hora para fresa, 131 para mora y 174 para melocotón en la empacadora 2. De esta manera logrará minimizar desperdicios y costos de acuerdo con sus criterios.

Conclusiones

Se observó que ante un problema con varias funciones objetivo es práctico emplear varias herramientas de optimización, ya que algunas de ellas arrojan mejores resultados y presentan una mayor variedad de opciones para tomar decisiones. En este caso en particular, la herramienta SOLVER arroja una mejor solución porque logra una mayor minimización de la función objetivo según las políticas de la empresa.

Se comprendió que la programación multiobjetivo es una fuerte herramienta para la toma de decisiones porque se aproxima más a los casos reales en las empresas, donde se requiere encontrar óptimos que satisfagan diferentes restricciones. Es muy difícil que en la realidad actual del mundo las empresas líderes busquen únicamente optimizar sus costos o sus ganancias monetarias. Este mundo actual es aquel donde la competitividad se mide por el valor agregado, y donde el valor agregado no solo se les atribuye a factores como bajo costo o productividad, sino que también se le relaciona con otros factores como responsabilidad social, trabajo digno, desarrollo sostenible y cuidado del medio ambiente.

La programación de problemas multiobjetivo en *softwares* como GAMS, Matlab o LINGO es mucho más compleja que muchas otras técnicas de optimización.

La razón es que los problemas multiobjetivo son el resultado de varias técnicas de optimización, como lo pueden ser: programación no lineal, programación por metas, programación entera o, en el caso más sencillo, programación lineal.

En el caso particular de producción que se utilizó en este artículo, se hizo más fácil programarlo y adaptarlo a un Excel SOLVER. Esto posiblemente se debe a que el problema no es muy robusto. En un caso contrario en el cual el problema se haga más denso y se agreguen más variables explicativas, funciones objetivo, parámetros y datos de entrada, se debe resolver con *software* especializado para optimización, como GAMS, Lingo, MatLab, WinQSB, entre otros.

Referencias

1. Agrawal, S., Subramanian, K. & Kapoor, S. (2010). OPERATIONS RESEARCH - CONTEMPORARY ROLE IN MANAGERIAL DECISION MAKING. *Characteristic of Cold-Standby Redundant System*, 200-208.
2. Kalvelagen, E. (2011). *SOLVING MULTI-OBJECTIVE MODELS WITH GAMS*. Washington DC: GAMS Development Corp.
3. Ragsdale, C. T. (2010). Goal programming and multiple objective optimization. En Ragsdale, C. *Spreadsheet modeling & decision analysis*. Virginia: Polytechnic Institute and State University.
4. Sanchez, E. & Montoya, V. H. (2008). OPTIMIZACIÓN MULTI OBJETIVO DE LA OPERACIÓN EN SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA . *Universidad Tecnológica de Pereira*, 19-22.
5. Uresti, E. (2010). *Optimización multiobjetivo; una introducción*. Recuperado de <http://cb.mty.itesm.mx/euresti/omo-intro.pdf>

Simulación de alternativas de productividad para apoyar los procesos de toma de decisiones en Santini Flowers

José Julián Hoyos Garcés

UPB

Colombia

jose.hoyosg@gmail.com

Manuel Villegas Londoño

UPB

Colombia

manuelvillegasl@hotmail.com

Luis Felipe García Londoño

UPB

Colombia

pipegarcia89@hotmail.com

Diego León Zapata Ruiz

Docente - UPB

Colombia

diego.zapata@upb.edu.co

Resumen

Los métodos cuantitativos han sido usados por diferentes organizaciones como una potente herramienta de apoyo a la toma de decisiones en los niveles operativo, táctico y estratégico (Gallagher & Watson, 1982). En este estudio se usa un método cuantitativo asistido por computador, conocido como simulación; método que será aplicado bajo dos de sus paradigmas de modelización (simulación discreta y simulación continua) en una empresa colombiana productora de flores, buscando mejorar su productividad y rentabilidad, a partir del planteamiento de diferentes escenarios de simulación con los *software* Promodel® y Powersim®.

La empresa actualmente no cuenta con procesos claros y documentados, por lo cual se realizó una documentación de los mismos, precosecha y poscosecha, bajo la Notación de Modelado de Procesos de Negocio (BPMN).

De los resultados de la simulación discreta se determinaron los niveles de productividad de la empresa y se plantearon escenarios en los cuales se mejoran estos niveles al realizar cambios significativos en el proceso productivo; con PowerSim® se determina la rentabilidad de la empresa, planteando tres escenarios en los que se observa la rentabilidad al variar el tipo de producto cosechado.

Palabras clave

Simulación discreta y continua, toma de decisiones, productividad.

Abstract

Quantitative methods have been used by various organizations as a powerful tool to support decision making levels in operational, tactical and strategic (Gallagher & Watson, 1982). The following document uses a quantitative method known as computer aided simulation; method to be applied in two of its modeling paradigms (discrete simulation and continuous simulation) in a Colombian flower production

company, looking to improve their productivity and profitability, approach from different simulation scenarios with Promodel[®] software and Powersim[®].

To complement was demonstrated that the company currently has no clear documented process, which was conducted by the relevant documentation of the negotiation process, pre and post under Notation Business Process Modeling (BPMN) in order having sufficient clarity behavior of the business processes.

With discrete simulation scenarios Promodel[®] was determined with the productivity of the company and raised scenarios in which this was improved to make significant changes in the production process; PowerSim[®] was determined with the profitability of the company and raised three scenarios in which the yield was observed by varying the type of flower that was harvested.

Keywords

Discrete and continuous simulation, decision making, productivity.

Introducción

A lo largo de los años, las grandes potencias mundiales han tenido un marcado proteccionismo hacia el sector primario de su economía, a diferencia de países como Colombia, donde el sector primario sufre cada vez más la ausencia del Estado. Alejándose de toda discusión política, hay que reconocer que si dicho sector sufre tal exclusión, se deben abocar todas las posibilidades que logren que las empresas pertenecientes al sector primario aumenten su productividad, de manera que les permita desarrollar ventajas competitivas.

En el presente estudio se analizan los resultados obtenidos al intervenir una empresa antioqueña dedicada a la producción de flores, en especial de *Hydrangea* (comúnmente conocidas como hortensias), en la cual se desarrolla una simulación del proceso productivo, con el fin de encontrar la utilización de los recursos disponibles que optimicen su productividad y, como consecuencia, el incremento de la rentabilidad.

Antecedentes conceptuales

Tipos de modelos: un modelo es una representación simplificada de un sistema o fenómeno complejo. El valor de un modelo radica en la facilidad, calidad y cantidad con la cual describa el sistema real (Forrester, 1962).

Forrester (1962) afirma que los modelos se pueden discriminar en dos tipos de familias, físicos y abstractos, y que de estos se desprenden gran cantidad de subfamilias, tal como se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Tipos de modelos. Adaptado de Forrester (1962).



Los modelos físicos son generalmente los de más fácil entendimiento y usualmente son réplicas físicas en una escala reducida de objetos de estudio, estos pueden ser estáticos o dinámicos. Los modelos físicos estáticos, por ejemplo, son las maquetas desarrolladas por un arquitecto, donde se identifica fácilmente la distribución de los espacios; y un modelo físico dinámico puede ser, por ejemplo, un túnel de viento que sirve para determinar las características aerodinámicas de determinados diseños aéreos (Forrester, 1962).

Dentro de los modelos abstractos tienen gran relevancia los modelos matemáticos, que sirven para representar una situación compleja de una manera más sencilla, y también se puede procesar de manera lógica para facilitar la toma de decisiones (Taha,

2004). Este autor profundiza aún más en la descripción de los modelos abstractos y propone los modelos de transporte, modelos de redes, modelos determinísticos de inventario, modelos de pronóstico, entre otros.

Procesos de simulación

Antiguamente, la simulación se hacía con base en el FEM (análisis de elementos finitos), los modelos podían ser expresados como un sistema matemático bien estructurado, generalmente, con ecuaciones diferenciales acotadas en condiciones iniciales, posiblemente algebraicas. Dichos sistemas son determinísticos, es decir, el estado del sistema puede ser conocido con cierta precisión en un momento dado. Por otro lado, en los escenarios de simulación existe cierto grado de aleatoriedad (Zimmerman, 2004), por lo que esta herramienta no se debe utilizar como un entorno controlado, sino como una aproximación a una realidad futura incierta.

La simulación se divide en cuatro grandes tipos, dependiendo del sistema que se analice:

1. La simulación de sistemas discretos.
2. La simulación de sistemas continuos.
3. Simulación determinista.
4. Simulación estocástica (UN, 2012)

La simulación se utiliza para resolver problemas que no se pueden resolver de forma determinística o estocástica, o que su solución resulta demasiado compleja, pero, en general, cualquier situación que pueda ser cuantificada puede ser simulada.

Simulación discreta

La simulación es una representación ficticia de una situación real que se determina mediante modelos que simbolizan la realidad de un sistema; y los resultados

obtenidos en la simulación se aplican en el mundo real. Cuanto mayor sea el grado de aproximación de la simulación a la realidad, más útil será esta. Como prerrequisito para una correcta simulación, es indispensable un conocimiento exhaustivo del sistema y de su comportamiento (Blanco & Piedrahíta, 2003).

Coss Bú (2005) define la simulación como:

“... Una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas del mundo real a través de largos periodos de tiempo”
(Coss Bú, 2005).

Esta definición amplia comprende a todo tipo de sistemas y modelos, pero la simulación se utiliza en campos más específicos como la economía, la producción, la administración, la química, la física, entre otros.

La importancia de la simulación radica en que, por ejemplo, hacer ensayos en sistemas productivos o logísticos reales es prácticamente imposible por los altos costos y riesgos que genera; sin embargo, tener información sobre estos sistemas es de vital importancia para una compañía, tarea que facilita en grandes cantidades un modelo de simulación (Blanco & Piedrahíta, 2003).

Para desarrollar un modelo de simulación discreta se deben definir los siguientes elementos:

- Las entidades (*entities*): las cuales son objetos separados unos de otros y poseen atributos, características o propiedades que afectan el comportamiento de las entidades y procesos dentro del modelo. Generalmente, las entidades son materiales que circulan dentro del modelo y que sufren transformaciones.
- Las locaciones (*locations*) en una simulación de eventos discretos son aquellos lugares donde la entidad realizará algún tipo de actividad.
- Los procesos (*processing*) son aquellas actividades u operaciones que realiza una locación sobre una entidad.
- Las llegadas (*arrivals*) representan la manera como una entidad aparece en una locación, la cantidad de ocurrencias y la frecuencia de estas.

Simulación continua (dinámica de sistemas)

Un sistema es un conjunto de unidades o partes que se relacionan e interactúan entre sí, lo cual le da complejidad, identidad y hace que se mantenga en el tiempo para conseguir un objetivo (Aracil & Gordillo, 1997). Se hace importante mencionar que casi cualquier cosa que nos rodea puede ser considerada como un sistema, y esto hace que este pensamiento se vuelva excesivo y sea poco concreto a la hora de centrarse en un problema, por lo cual, es necesario establecer delimitaciones en el sistema, aunque esto signifique no tomar algunas de sus relaciones (Aracil, 1995). El término dinámica se emplea para definir el comportamiento cambiante del sistema, por lo cual, al hablar de dinámica de sistemas, se analiza cómo las partes cambian a lo largo del tiempo producto de la interacción (Aracil, 1995).

La dinámica de sistemas se ha constituido como una técnica de modelación y simulación, que a lo largo de los años ha sido aplicada a temas de estrategia corporativa, negocios, producción, salud, entre otros (Sterman, 2000). La esencia de la dinámica de sistemas son las ya mencionadas interacciones del sistema, mejor conocidas como causalidad entre partes o variables (Izquierdo, 2008), dicha causalidad es representada en el diagrama causal y más detalladamente en el diagrama de Forrester.

La técnica es empleada pensando en el largo plazo y requiere la asistencia de *software* especializado para la simulación del sistema dinámico, permitiendo de manera flexible que se realicen cambios en las variables planteadas, con el fin de lograr una amplia variedad de escenarios (Aracil & Gordillo, 1997), lo cual, en casos en los que no existen criterios claros o explícitos de cómo lograr un desempeño óptimo, se convierten en un poderoso instrumento de análisis, fundamentalmente, en el proceso de toma de decisiones, en el que se hace imprescindible conocer las posibles alternativas y sus consecuencias más probables (Díaz, 1993).

Simulación de sistemas dinámicos

Para la simulación de un sistema dinámico existen infinidad de metodologías; no obstante, Sterman (2000) propone que los pasos que se deben seguir son estos: identificar el problema, lo que implica determinar el alcance del sistema y representar

las variables y su comportamiento dinámico (en el tiempo); después, se debe desarrollar una hipótesis dinámica donde se explique la(s) causa(s) del problema; seguidamente, se debe construir el modelo de simulación del sistema apoyado por computador, una vez que se cuente con el modelo, se debe proceder a ensayarlo para corroborar que represente el comportamiento observado en el mundo real y, por último, se analizan los resultados en búsqueda de la solución que mejor satisfaga el problema que se planteó inicialmente.

El procedimiento para la modelización de un sistema dinámico se desarrolla de la siguiente manera:

- Construcción del diagrama causal.
- Construcción del diagrama de Forrester.

Antecedentes investigativos

Monsalve & Ortiz (2011) proponen un modelo de simulación en Inversiones Coquette, con el fin de optimizar los tiempos y recursos en el proceso de poscosecha. En el desarrollo de su trabajo se evidencia que existen pocos estudios relacionados con el mejoramiento de los procesos de poscosecha en el sector floricultor y que la información disponible corresponde a los procesos de cultivo y tratamiento de flores enfocado hacia el manejo agrónomo, por lo que estos estudios no evalúan el impacto del mejoramiento del proceso que llevaría a pensar en un cultivo de flores como un proceso industrial.

El trabajo de Monsalve & Ortiz (2011) consistió, pues, en realizar un estudio de métodos y tiempos que facilitara desarrollar un modelo de simulación acerca del proceso de poscosecha en el *software* Promodel®, donde se encontró que los recursos (trabajadores) están siendo mal utilizados, ya que existe mano de obra ociosa a lo largo del proceso, además, se encontró que los procesos de clasificación y boncheo son críticos por ser los que más tiempo de operación requieren en poscosecha.

Para mejorar estos inconvenientes, Monsalve & Ortiz (2011) plantean un nuevo escenario para poscosecha en el que se reduce el número de operarios asignados a

clasificación y boncheo y, además, se reducen las locaciones para estos dos procesos, con lo cual lograron aprovechar más efectivamente los trabajadores, reduciendo la mano de obra ociosa y el tiempo que requiere el producto en clasificación.

Leutscher, Renkema, & Challa (1999), quienes apoyaron por medio de la simulación la toma de decisiones operativas en la producción de plantas de maceta en condiciones de incertidumbre, respecto al crecimiento de los cultivos y formación de precios. El principal objetivo de dicho estudio fue explorar las oportunidades para mejorar la gestión del rendimiento de los procesos de toma de decisiones operativas en la ejecución de un plan de producción táctica, formulando así las estrategias que apoyan el proceso de toma de decisiones. A manera de conclusión, proponen que la “toma de decisiones operativas en la producción de planta de maceta no puede reducirse a una selección normativa de la ‘óptima’ estrategia. En cambio, las metas más intangibles de los productos deben ser tomadas en consideración, además de los objetivos económicos comunes, en el proceso de toma de decisiones y de cómo esta debe ser reconocida como una parte importante de la gestión agrícola.”

También indican que “el modelo basado en las investigaciones de los sistemas de producción pueden ayudar a los productores a mejorar sus habilidades de gestión en relación con el diseño y control del sistema. Su metodología apoya al productor para hacer frente a la información disponible sobre procesos individuales dentro del sistema, así como para explorar las opciones para la gestión de los sistemas de producción en diversas condiciones”. Por otra parte, el modelo basado en las investigaciones de los sistemas de producción puede establecer principios generales para el apoyo directo en la toma de decisiones.

Pérez, Arango, & Pérez (2010) presentan la aplicación de una propuesta metodológica para el mejoramiento de procesos. Se hace con base en el enfoque Harrington para el mejoramiento de procesos y la ingeniería de métodos en una empresa dedicada al cultivo de flores tipo Snapdragon. A partir de allí, construyen un esquema de mejoramiento para los procesos críticos durante la producción de la flor, con el fin de aumentar la competitividad en la empresa.

Situación problemática

La empresa Santini Flowers ha manifestado interés en aumentar la productividad con el fin de mejorar la rentabilidad de la empresa. Esto, debido a que la capacidad real de la organización se conoce según las ventas, sin tener en cuenta su capacidad de producción teórica e instalada.

Actualmente se cuenta con un sistema de producción basado en la experiencia de los socios fundadores. Los procesos aún no han sido documentados, lo que se convierte en una barrera para la gestión adecuada de su potencial. Lo anterior se refiere a la gran acogida que ha tenido la empresa en términos de exportación: lo que es producido es vendido. Por lo mencionado anteriormente, se hace importante utilizar herramientas cuantitativas de administración para el mejoramiento de la rentabilidad, analizando diversas variables que pueden ser medidas y validadas de forma estadística y que posteriormente pueden ser simuladas para determinar alternativas que mejoren el beneficio de la empresa.

Documentación de procesos

A continuación se presentan los procesos de negocio, precosecha y poscosecha documentados en BPMN, los cuales permitirán a Santini Flowers tener conocimiento y control de las diferentes secuencias de su actividad económica.

Figura 2. Proceso de negociación.

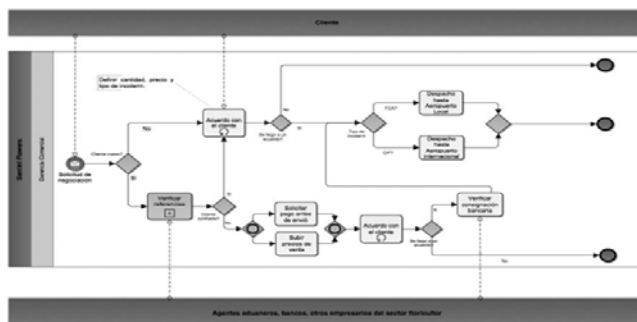


Figura 3. Proceso de precosecha.

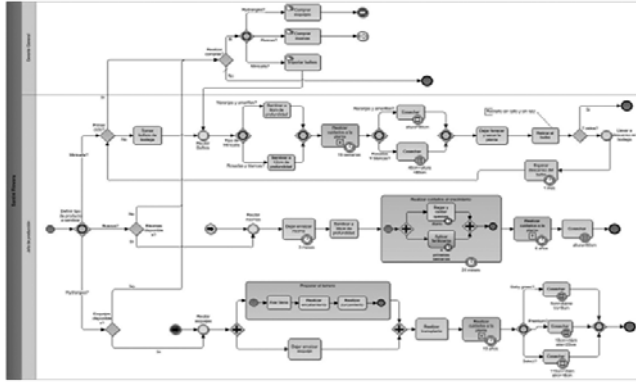


Figura 4. Subproceso de realización de cuidados de la planta.

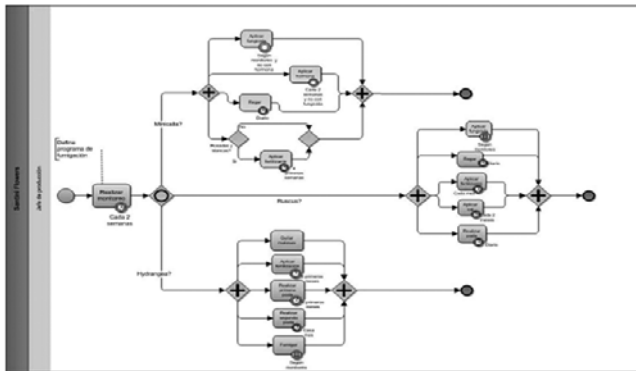
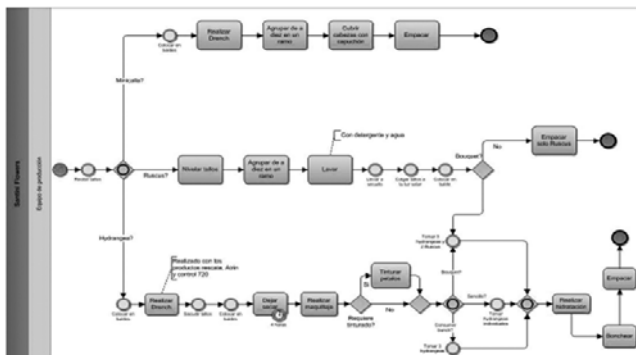


Figura 5. Proceso de poscosecha.



Análisis de datos y validación estadística

Los tiempos de las actividades de la cadena productiva fueron medidos y validados con Statfit, el complemento estadístico de Promodel®, a continuación se presentan los datos tomados en la tabla 1:

Tabla 1. Tiempos de proceso, Santini Flowers.

Actividades (medidas en minutos/balde)						
Corte	Transporte corte-deshoje	Deshoje	Agrupe	Emparejar tallos	Llevar balde	Regreso
5,34	0,32	1,92	6,14	1,23	1,30	1,15
7,70	0,37	1,69	5,67	1,33	1,32	0,92
6,82	0,35	1,93	5,39	1,08	1,62	0,71
5,48	0,30	1,84	6,01	1,19	0,91	0,84
3,55	0,29	1,74	6,17	1,45	0,86	1,06
8,00	0,31	1,61	5,66	0,89	1,39	0,77
4,60	0,32	1,87	6,59	1,55	1,29	1,16
5,06	0,31	1,91	6,01	1,21	1,04	0,88
2,30	0,34	1,95	5,57	1,41	1,49	1,00
5,45	0,35	1,69	5,72	1,80	0,99	0,77
4,68	0,29	1,74	6,21	1,50	1,12	0,94
3,21	0,31	1,73	5,71	1,84	1,07	1,12
3,91	0,29	1,80	5,79	1,52	1,17	0,89
6,52	0,31	2,27	5,74	1,71	1,63	1,00
7,50	0,33	1,85	5,97	1,54	1,31	0,94
6,50	0,28	2,22	6,22	1,31	1,03	1,09
7,00	0,27	1,68	6,36	1,58	1,59	0,74
3,50	0,33	1,85	5,64	1,23	0,98	0,84
5,50	0,28	1,64	6,57	1,22	1,54	0,76
3,85	0,34	1,92	6,72	1,46	0,96	1,08
2,75	0,36	1,99	5,56	1,29	1,19	0,72
4,40	0,29	2,04	6,61	1,61	1,11	0,88
2,75	0,27	1,93	6,67	0,95	1,03	1,14
2,75	0,32	2,18	6,46	1,19	1,42	0,91
4,95	0,28	2,09	6,29	1,48	1,00	1,14
3,30	0,30	1,63	6,77	1,42	1,20	1,04
5,50	0,28	2,34	5,72	1,85	0,95	0,87
4,95	0,35	1,93	6,34	1,26	1,56	0,80
4,40	0,37	1,67	6,37	1,71	1,19	0,94
7,15	0,32	1,77	6,17	1,32	1,39	1,05

En la tabla 2 y en la tabla 3 se presenta la validación estadística para cada actividad, la distribución estadística que sigue y los valores p para las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling.

Tabla 2. Validación estadística.

Actividades (medidas en minutos/balde)					
Drench	Secado	Maquillaje	Hidratación	Boncheo	Empaque
4,34	240,00	10,96	10,46	2,76	1,95
4,65	240,00	13,63	10,52	3,63	1,88
4,89	240,00	19,76	12,90	3,64	2,59
4,92	240,00	12,11	13,67	3,35	1,81
4,10	240,00	19,07	12,69	3,15	2,02
4,05	240,00	8,86	13,00	3,22	2,30
4,64	240,00	17,84	12,44	2,87	2,54
4,35	240,00	20,07	15,14	2,70	2,44
4,29	240,00	10,32	13,11	3,47	1,92
4,77	240,00	9,31	12,42	3,65	1,99
4,49	240,00	8,34	12,06	3,04	2,44
4,45	240,00	8,49	13,85	3,22	2,42
4,02	240,00	8,56	13,01	3,60	2,27
4,92	240,00	4,69	12,68	3,14	2,09
4,82	240,00	13,09	12,35	3,49	2,35
4,60	240,00	5,92	13,18	3,44	2,52
4,02	240,00	4,64	11,34	2,97	2,00
4,17	240,00	4,82	12,01	3,54	2,52
4,09	240,00	4,60	14,85	2,74	2,22
4,14	240,00	3,76	10,84	2,99	2,39
4,50	240,00	11,32	10,68	2,77	1,89
4,32	240,00	7,12	13,18	2,97	2,27
4,89	240,00	3,39	12,35	2,80	2,35
4,12	240,00	3,30	15,02	3,12	2,19
4,29	240,00	15,02	14,01	2,69	2,19
4,42	240,00	4,60	14,85	2,69	2,17
4,09	240,00	18,87	14,35	3,47	2,20
4,14	240,00	19,11	11,85	2,79	2,14
4,55	240,00	32,40	12,18	3,00	1,95
4,12	240,00	8,02	15,02	3,35	1,97

Tabla 3. Validación estadística para cada actividad.

	Tipo de distribución	Media	Desviación estándar	Valor P prueba de Kolmogorov-smirnov	Valor P prueba de Anderson-Darling
Corte	Lognormal	4,98	1,62	0,90	0,92
Transporte corte-deshoje	Lognormal	0,31	0,03	0,85	0,89
Deshoje	Lognormal	1,88	0,20	0,87	0,92
Agrupe	Uniforme	6,09	0,40	0,96	0,75
Emparejar tallos	Normal	1,40	0,24	0,97	0,98
Llevar Balde	Lognormal	1,22	0,23	0,898	0,865
Regreso	Uniforme	0,94	0,14	0,967	0,996
Drench	Exponencial	4,41	0,30	0,62	0,28
Secado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Maquillaje	Lognormal	11,06	6,78	0,72	0,75
Hidratación	Lognormal	12,87	1,37	0,86	0,87
Boncheo	Normal	3,14	0,33	0,74	0,53
Empaque	Uniforme	2,20	0,23	1,00	0,82

Modelo de simulación discreta (PROMODEL®)

El modelo de simulación discreta comprende una simulación del estado actual de la empresa y tres simulaciones de escenarios hipotéticos en los cuales se espera que la productividad de la empresa mejore

Simulación estado actual

Se desarrolla un modelo del comportamiento actual de la cadena productiva de Santini Flowers, el cual fue simulado durante una semana, lo que permitió determinar que las actividades con mayor tiempo de procesamiento por entidad son corte, maquillaje e hidratación. Se debe capturar la figura 6 para observar el video de la simulación.

Figura 6. Simulación del proceso, estado actual.



Es importante resaltar que los datos entregados por el *software* para las actividades corte y maquillaje no tienen en cuenta que dichas actividades cumplen la función de almacenar flores que crecen y que deben esperar al día siguiente para continuar con el proceso normal, por tal motivo, se considera que la actividad hidratación es el “cuello de botella”, con un tiempo promedio por entidad de 93,83 minutos, y no las actividades corte y maquillaje. También se observa que la planta actualmente tiene una productividad de 6500 flores por semana.

De manera complementaria se analizan los recursos, y se encuentra que los cortadores tienen un porcentaje de utilización del 99,9 %, por lo cual se determina que dicho recurso puede estar sobrexplotado.

Simulación de escenarios

Con el fin de presentar diferentes alternativas de mejora en el ciclo productivo de Santini Flowers, se plantean tres escenarios, en los cuales se modifica el comportamiento de las actividades del proceso:

Escenario 1: ubicar dos operarios de maquillaje en corte (uno cortando y el otro apoyando el transporte de productos).

Tabla 4. Resultados simulación. Escenario 1.

modelo escenario 1.MDD (Normal Run - Rep. 1)								
Nombre	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entities	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
corte	179.50	999999.00	12800.00	4398.66	5267.04	12800.00	89.00	0.53
clench	179.50	999999.00	424.00	4.23	0.17	5.00	0.00	0.00
maquillaje	179.50	999999.00	424.00	1107.36	43.84	100.00	0.00	0.00
hidratacion	179.50	999999.00	424.00	175.99	6.57	100.00	0.00	0.00
bonche	179.50	1.00	424.00	2.15	0.12	1.00	0.00	12.47
empaque	179.50	1.00	424.00	2.22	0.09	1.00	0.00	6.78
deshoje	179.50	999999.00	424.00	1.08	0.07	2.00	0.00	0.00
emparejar	179.50	999999.00	424.00	2.81	0.11	4.00	0.00	0.00
agrupe	179.50	999999.00	424.00	6.07	0.24	4.00	0.00	0.00
secado	179.50	999999.00	424.00	240.00	9.50	90.00	0.00	0.00

En la tabla 4 se evidencia que el tiempo de permanencia de las entidades en la actividad corte se disminuye en comparación con el escenario actual; por otra parte, el proceso ahora es capaz de procesar 12800 flores, es decir, la productividad mejora un 96.9 %.

Tabla 5. Resultados. Utilización de recursos. Escenario 1.

modelo 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)	% Blocked In Travel	% Utilization
cortador.1	1,00	20,04	212,00	5,36	0,31	0,32	0,00	99,89
cortador.2	1,00	20,05	212,00	5,37	0,30	0,29	0,00	99,90
cortador	2,00	40,09	424,00	5,36	0,30	0,31	0,00	99,90
transportador.1	1,00	20,35	232,00	2,62	1,19	1,25	0,00	72,33
transportador.2	1,00	20,35	192,00	2,60	1,21	1,23	0,00	59,63
transportador	2,00	40,71	424,00	2,61	1,20	1,24	0,00	66,08

En la tabla 5 se puede observar que los dos cortadores se están utilizando menos del 99,9 %, por lo cual se puede decir que ahora están siendo usados a su máxima capacidad.

Escenario 2. Usar un recipiente con capacidad para 40 flores.

En este escenario es importante analizar que todas las actividades del proceso toman más tiempo. En la tabla 6 se puede observar los tiempos validados para cada actividad al procesar un balde de 40 flores.

Tabla 6. Validación de datos. Escenario 2.

	Tipo de distribución	Media	Desviación estándar	Valor P prueba de Kolmogorov-smirnov	Valor P prueba de Anderson-Darling
Corte	Lognormal	6,64	2,17	0,90	0,92
Transporte corte-deshoje	Lognormal	0,42	0,04	0,85	0,89
Deshoje	Lognormal	2,51	0,26	0,87	0,92
Agrupe	Uniforme	8,13	0,53	0,96	0,75
Emparejar tallos	Normal	1,87	0,33	0,97	0,98
Llevar balde	Lognormal	1,63	0,31	0,898	0,865
Regreso	Uniforme	1,25	0,19	0,967	0,996
Drench	Exponencial	5,87	0,40	0,62	0,28
Secado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Maquillaje	Lognormal	0,49	0,30	0,72	0,75
Hidratación	Lognormal	17,15	1,82	0,86	0,87
Boncheo	Normal	4,19	0,44	0,74	0,53
Empaque	Uniforme	2,93	0,30	1,00	0,82

Como resultado de simular el proceso productivo con estas características, se encontró que la planta ahora se encuentra en capacidad de procesar 8400 flores, por lo cual se puede decir que la productividad aumenta en 1900 flores, es decir, aumenta un 23 %. Ver tabla 7.

Tabla 7. Resultados Simulación. Escenario 2.

modelo escenario 2.MDD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
corfe	170,68	999999,00	8440,00	4,268,31	359,67	6443,00	0,00	0,36
drench	170,68	999999,00	211,00	5,35	0,11	4,00	0,00	0,00
maquillaje	170,68	999999,00	211,00	1009,56	22,45	72,00	0,00	0,00
hidratación	170,68	999999,00	211,00	132,61	2,72	72,00	0,00	0,00
boncheo	170,68	1,00	211,00	4,20	0,09	1,00	0,00	6,65
empaque	170,68	1,00	211,00	2,95	0,06	1,00	0,00	6,08
deshoje	170,68	999999,00	211,00	2,50	0,05	4,00	0,00	0,00
emparejar	170,68	999999,00	211,00	51,22	1,06	25,00	0,00	0,00
agrupe	170,68	999999,00	211,00	8,21	0,17	9,00	0,00	0,00
secado	170,68	999999,00	211,00	240,00	4,54	57,00	0,00	0,00

Según estos resultados, es posible determinar que la utilización del cortador y transportador es de 86,21 % y 70,44 %, respectivamente, que en comparación con la situación actual de la empresa, el porcentaje de utilización de los recursos se ha reducido.

Escenario 3: usar un balde con capacidad para 40 flores y dos cortadores transferidos desde maquillaje.

En este escenario, al igual que en el escenario 2, todas las actividades toman más tiempo. En la tabla 8 se observan las distribuciones que sigue cada actividad.

Tabla 8. Validación de datos. Escenario 3.

	Tipo de distribución	Media	Desviación estándar	Valor P prueba de Kolmogorov-smirnov	Valor P prueba de Anderson-Darling
Corte	Lognormal	6,64	2,17	0,90	0,92
Transporte corte-deshoje	Lognormal	0,42	0,04	0,85	0,89
Deshoje	Lognormal	2,51	0,26	0,87	0,92
Agrupe	Uniforme	8,13	0,53	0,96	0,75
Emparejar tallos	Normal	1,87	0,33	0,97	0,98
Llevar balde	Lognormal	1,63	0,31	0,898	0,865
Regreso	Uniforme	1,25	0,19	0,967	0,996
Drench	Exponencial	5,87	0,40	0,62	0,28
Secado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Maquillaje	Lognormal	0,49	0,30	0,72	0,75
Hidratación	Lognormal	17,15	1,82	0,86	0,87
Boncheo	Normal	4,19	0,44	0,74	0,53
Empaque	Uniforme	2,93	0,30	1,00	0,82

Los resultados que arrojó el modelo con respecto a las locaciones se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados simulación escenario 3.

General Locations Location States Multi Location States Single Resources Resource States Failed Arrivals Entity Ac								
modelo escenario 3.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
corte	178,50	999999,00	16280,00	4642,98	7057,53	16280,00	0,00	0,71
drench	178,50	999999,00	406,00	5,26	0,20	7,00	0,00	0,00
maquillaje	178,50	999999,00	406,00	1069,25	40,53	124,00	0,00	0,00
hidratacion	178,50	999999,00	406,00	228,50	8,66	124,00	0,00	0,00
boncheo	178,50	1,00	406,00	4,19	0,16	1,00	0,00	15,89
empaque	178,50	1,00	406,00	2,92	0,11	1,00	0,00	11,09
deshoje	178,50	999999,00	407,00	2,51	0,10	7,00	0,00	0,00
emparejar	178,50	999999,00	407,00	57,57	2,19	63,00	1,00	0,00
agrupe	178,50	999999,00	407,00	8,11	0,31	12,00	0,00	0,00
secado	178,50	999999,00	406,00	240,00	9,10	113,00	0,00	0,00

En la tabla 9 se puede apreciar que el tiempo que permanecen las entidades en cada una de las actividades aumenta, esto se debe a que la cantidad de flores que se tienen que procesar en cada una de las locaciones es mayor; no obstante, como se podrá ver más adelante, los recursos trabajan de manera más eficiente, lo que permite que el número de salidas sea mayor, compensando el tiempo extra que se invierte en las locaciones.

Tabla 10. Resultados. Utilización de recursos. Escenario 3.

General Locations Location States Multi Location States Single Resources Resource States Failed Arrivals						
modelo escenario 3.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
cortador.1	20,02	93,04	6,82	0,14	0,00	0,00
cortador.2	24,28	94,05	5,84	0,11	0,00	0,00
cortador	44,30	93,59	6,28	0,13	0,00	0,00
transportador.1	22,18	47,41	18,92	0,38	33,29	0,00
transportador.2	22,19	45,81	17,00	0,38	36,01	0,00
transportador	44,37	46,61	18,36	0,38	34,65	0,00

En la tabla 10 se puede apreciar que la utilización de los cortadores y los transportadores disminuyó 6,31 % y 19,47 %, respectivamente, pudiéndose pensar en poner a los operarios a hacer algunas actividades en su tiempo extra, tales como ayudar en el maquillaje, realizar labores de cuidado del cultivo, entre otras.

Al analizar el comportamiento de las entidades a lo largo del proceso productivo, se observa que permanecen en espera un 74,88 % del tiempo total de simulación. Haciendo las conversiones correspondientes (teniendo en cuenta que la empresa solamente trabaja un turno al día y la simulación representa las 24 horas del día), obtenemos que el tiempo real de espera está dado de la siguiente manera:

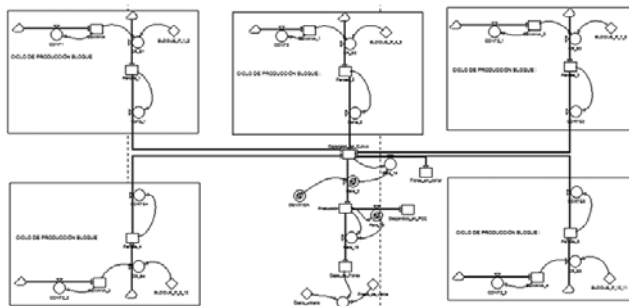
$$\% \text{ Tiempo de espera} = 74,88 \% - 66,6 \% = 8,28 \%$$

Lo que significa que realmente las entidades tienen un tiempo aproximado de espera de 8,28 % del total de producción en un día.

Modelos de simulación dinámica (POWERSIM®)

Para analizar la rentabilidad de la empresa Santini Flowers durante dos años (104 semanas) se usó un modelo de dinámica de sistemas, el cual puede ser observado en la imagen 15.

Figura 7. Diagrama de Forrester. Santini Flowers.



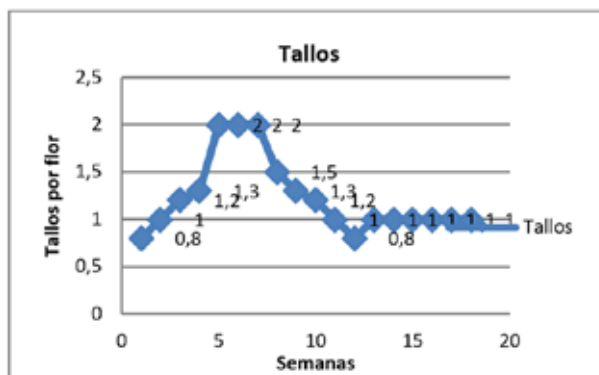
Este modelo simula la rentabilidad, los desperdicios de producción y la eficiencia del cultivo, con el fin de determinar cuál es la manera más adecuada para gestionar los recursos, buscando el máximo beneficio para la empresa.

El modelo se divide en dos partes:

- **El proceso de cosecha:** es el proceso que se encuentra enmarcado dentro de los recuadros en la figura 7, el cual representa el crecimiento de cada uno de los bloques en donde están sembradas las *hydrangea*. Ver tabla 11.

Tabla 11. Ciclos de productividad para la *Hydrangea*.

Semana	Productividad (Tallos/semana)
1	0,8
2	1
3	1,2
4	1,3
5	2
6	2
7	2
8	1,5
9	1,3
10	1,2
11	1
12	0,8
13	1
14	1
15	1
16	1
17	1
18	1

Figura 8. Ciclos de productividad para la *Hydrangea* por semana.

- **El proceso de poscosecha:** es aquel que inicia después del nivel “capacidad_del_cultivo”, este representa el proceso de producción al igual que el de Promodel®, aunque no tan detallado. Este proceso se hace necesario para determinar cómo influyen todas las actividades productivas en la rentabilidad de la empresa.

Igualmente se generaron tres escenarios diferentes para este modelo: el primero representa la rentabilidad de un cultivo que solo contempla la producción de *Hydrangea select*, el segundo representa la rentabilidad de un cultivo que solamente contempla la producción de *minigreen* y, por último, un escenario que representa la rentabilidad de un cultivo mixto.

Escenario 1. Cultivo únicamente de *Hydrangea* tipo *select*

Al suponer un cultivo donde solo se produce *Hydrangea* tipo *select*, se debe hacer un análisis desde dos enfoques: precosecha y poscosecha. En la precosecha se analiza la cantidad de flores que produce cada uno de los cinco bloques de la planta. Ver figura 9 y tabla.

Figura 9. Modelo precosecha, escenario 1, dinámica de sistemas.

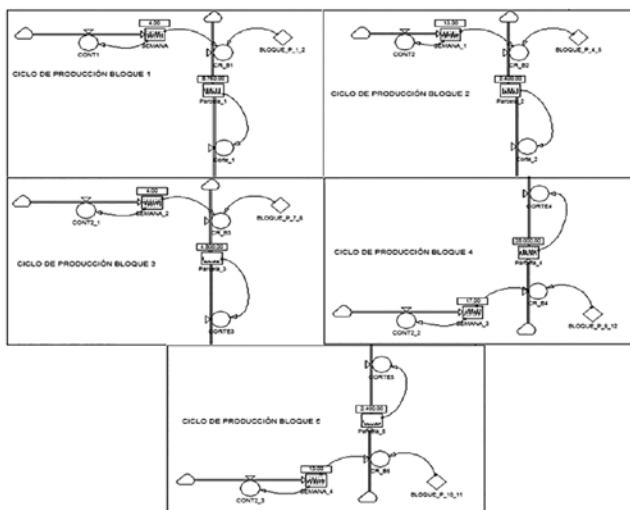


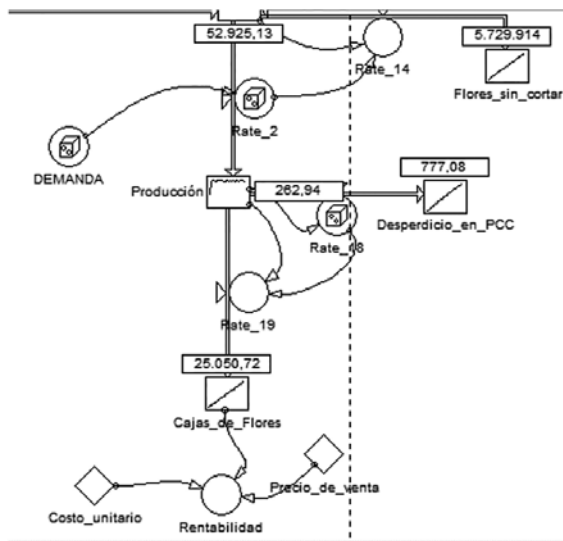
Tabla 12. Resultados precosecha, escenario 1, dinámica de sistemas.

Time	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Acididad del Cu
77	5.840,00	3.600,00	3.200,00	56.000,00	3.600,00	80.538,70
78	7.300,00	3.900,00	4.000,00	42.000,00	3.900,00	79.431,12
79	7.300,00	6.000,00	4.000,00	36.400,00	6.000,00	68.726,84
80	7.300,00	6.000,00	4.000,00	33.600,00	6.000,00	66.568,09
81	7.300,00	6.000,00	4.000,00	28.000,00	6.000,00	63.777,93
82	7.300,00	4.500,00	4.000,00	22.400,00	4.500,00	58.475,85
83	7.300,00	3.900,00	4.000,00	28.000,00	3.900,00	49.747,01
84	5.840,00	3.600,00	3.200,00	28.000,00	3.600,00	54.637,99
85	7.300,00	3.000,00	4.000,00	28.000,00	3.000,00	51.630,37
86	8.760,00	2.400,00	4.800,00	28.000,00	2.400,00	52.728,04
87	9.490,00	3.000,00	5.200,00	28.000,00	3.000,00	53.540,85
88	14.600,00	3.000,00	8.000,00	28.000,00	3.000,00	56.293,80
89	14.600,00	3.000,00	8.000,00	22.400,00	3.000,00	63.915,05
90	14.600,00	3.000,00	8.000,00	28.000,00	3.000,00	58.661,51
91	10.950,00	3.000,00	6.000,00	33.600,00	3.000,00	64.108,29
92	9.490,00	3.000,00	5.200,00	36.400,00	3.000,00	64.144,61
93	8.760,00	2.400,00	4.800,00	56.000,00	2.400,00	64.135,90
94	7.300,00	3.000,00	4.000,00	56.000,00	3.000,00	81.942,80
95	5.840,00	3.600,00	3.200,00	56.000,00	3.600,00	80.306,53
96	7.300,00	3.900,00	4.000,00	42.000,00	3.900,00	79.133,30
97	7.300,00	6.000,00	4.000,00	36.400,00	6.000,00	68.259,31
98	7.300,00	6.000,00	4.000,00	33.600,00	6.000,00	67.026,33
99	7.300,00	6.000,00	4.000,00	28.000,00	6.000,00	64.392,55
100	7.300,00	4.500,00	4.000,00	22.400,00	4.500,00	58.605,23
101	7.300,00	3.900,00	4.000,00	28.000,00	3.900,00	49.554,61
102	5.840,00	3.600,00	3.200,00	28.000,00	3.600,00	54.109,85
103	7.300,00	3.000,00	4.000,00	28.000,00	3.000,00	51.183,85
104	8.760,00	2.400,00	4.800,00	28.000,00	2.400,00	52.925,31

El segundo enfoque que tuvo la simulación fue el proceso de poscosecha y la relación que tiene en la rentabilidad.

En la figura 10 se muestra la cantidad de flores que salieron del proceso de poscosecha (25 050,72) y la cantidad de cajas que salieron para ser comercializadas (262,94).

Figura 10. Poscosecha, escenario 1, dinámica de sistemas.



Si se sabe que el precio de cada *Hydrangea* es 0,5 USD y que el costo de producción es de 0,26 USD, obtenemos que la rentabilidad a lo largo de las semanas se comporta como se puede observar en la tabla 13.

En la tabla 13 se puede ver la columna DEMANDA, la cual representa la demanda semanal que tiene la empresa de *Hydrangea select*. Esta demanda tiene una distribución uniforme que está definida entre 233,33 y 266,66 cajas de flores semanales. La columna cajas_de_flores representa la función acumulada de todas las cajas de flores que se han “consumido” por la demanda en el tiempo. El desperdicio_en_PCC representa aquella proporción de flores que no cumplen con los estándares de calidad propuestos por la empresa, esta proporción está definida con una distribución estadística uniforme entre 1 % y 5 % del total de la producción. Las flores_sin_cortar son las flores que no consume la demanda, sin embargo, deben ser cortadas para no afectar la calidad de la planta ni sus ciclos de producción. Y, por último, la columna rentabilidad representa la rentabilidad acumulada semana a semana, y está definida por: precio_de_venta (0,50 USD) - costo_unitario (0,26 USD) * cajas_de_flores.

Tabla 13. Resultados poscosecha. Escenario 1.

Time	DEMANDA	Cajas de Flores	perdicio en PCC	Flores sin cortar	Rentabilidad
77	247,85	18.464,42	609,74	4.227.357,21	132.943,81
78	262,87	18.706,67	617,11	4.300.457,12	134.688,01
79	236,37	18.951,79	619,96	4.371.999,03	136.452,88
80	237,07	19.210,24	624,48	4.433.630,91	138.313,70
81	247,34	19.437,60	633,60	4.493.073,50	139.950,73
82	242,91	19.665,53	641,85	4.549.428,01	141.598,99
83	259,81	19.904,26	651,57	4.600.613,91	143.310,64
84	254,73	20.144,25	654,59	4.642.563,11	145.038,62
85	256,03	20.400,35	658,42	4.689.555,84	146.882,56
86	247,51	20.647,92	665,70	4.733.502,24	148.665,05
87	262,10	20.898,77	670,99	4.778.801,94	150.471,13
88	252,13	21.140,52	676,85	4.824.476,32	152.211,75
89	264,08	21.391,02	688,56	4.873.203,46	154.015,35
90	258,80	21.632,32	699,49	4.929.192,62	155.752,71
91	281,77	21.892,78	703,22	4.980.086,01	157.628,00
92	242,86	22.148,62	706,31	5.036.338,64	159.470,07
93	281,36	22.404,06	712,75	5.093.193,95	161.309,26
94	241,50	22.642,60	717,18	5.149.486,14	163.026,75
95	237,60	22.897,47	723,79	5.224.180,86	164.861,77
96	246,77	23.132,86	729,99	5.297.355,86	166.556,62
97	252,53	23.364,31	736,25	5.369.083,05	168.223,04
98	258,26	23.604,02	743,42	5.429.763,74	169.948,95
99	251,80	23.850,08	749,98	5.489.038,62	171.720,80
100	236,24	24.102,36	756,09	5.545.874,05	173.536,96
101	241,60	24.350,92	759,44	5.597.389,09	175.326,64
102	239,34	24.577,91	768,80	5.639.692,04	176.960,98
103	262,82	24.816,63	771,79	5.686.618,58	178.679,74
104	204,25	25.050,77	777,08	5.729.913,90	180.305,55

Escenario 2. Dinámica de Sistemas. Cultivo únicamente de *minigreen*

Al igual que el escenario 1, el escenario 2 se analiza desde los mismos dos enfoques, esta vez solo para la producción de *Hydrangea* tipo *minigreen*. Los resultados producto del primer enfoque de precosecha se pueden observar en las imágenes 20 y 21.

Figura 11. Precosecha, escenario 2, dinámica de sistemas.

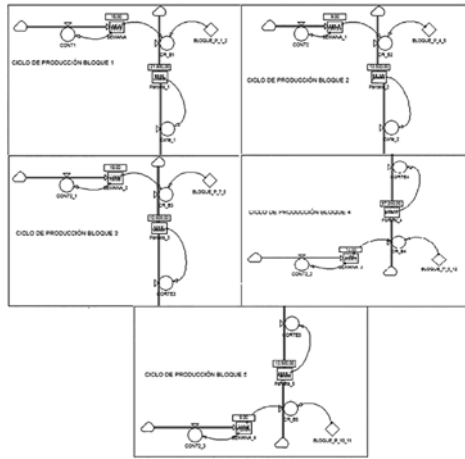


Tabla 14. Resultados precosecha, escenario 2, dinámica de sistemas.

Time	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	cantidad del Culti
70	21.900,00	9.000,00	12.000,00	108.000,00	9.000,00	230.742,30
77	17.520,00	10.800,00	9.600,00	168.000,00	10.800,00	227.688,81
78	21.900,00	11.700,00	12.000,00	128.000,00	11.700,00	224.460,65
79	21.900,00	18.000,00	12.000,00	109.200,00	18.000,00	191.480,08
80	21.900,00	18.000,00	12.000,00	100.800,00	18.000,00	186.504,80
81	21.900,00	18.000,00	12.000,00	84.000,00	18.000,00	178.125,04
82	21.900,00	13.500,00	12.000,00	67.200,00	13.500,00	161.625,57
83	21.900,00	11.700,00	12.000,00	84.000,00	11.700,00	135.696,14
84	17.520,00	10.800,00	9.600,00	84.000,00	10.800,00	149.390,56
85	21.900,00	9.000,00	12.000,00	84.000,00	9.000,00	140.661,46
86	26.280,00	7.200,00	14.400,00	84.000,00	7.200,00	143.879,82
87	28.470,00	9.000,00	15.600,00	84.000,00	9.000,00	148.811,00
88	43.800,00	9.000,00	24.000,00	84.000,00	9.000,00	154.227,54
89	43.800,00	9.000,00	24.000,00	67.200,00	9.000,00	177.665,37
90	43.800,00	9.000,00	24.000,00	84.000,00	9.000,00	161.215,12
91	32.850,00	9.000,00	18.000,00	100.800,00	9.000,00	177.860,78
92	28.470,00	9.000,00	15.600,00	109.200,00	9.000,00	177.797,71
93	26.280,00	7.200,00	14.400,00	168.000,00	7.200,00	178.864,67
94	21.900,00	9.000,00	12.000,00	168.000,00	9.000,00	231.215,99
95	17.520,00	10.800,00	9.600,00	168.000,00	10.800,00	227.454,59
96	21.900,00	11.700,00	12.000,00	128.000,00	11.700,00	224.160,60
97	21.900,00	18.000,00	12.000,00	109.200,00	18.000,00	191.009,08
98	21.900,00	18.000,00	12.000,00	100.800,00	18.000,00	186.977,48
99	21.900,00	18.000,00	12.000,00	84.000,00	18.000,00	178.745,31
100	21.900,00	13.500,00	12.000,00	67.200,00	13.500,00	161.756,23
101	21.900,00	11.700,00	12.000,00	84.000,00	11.700,00	135.500,89
102	17.520,00	10.800,00	9.600,00	84.000,00	10.800,00	148.857,73
103	21.900,00	9.000,00	12.000,00	84.000,00	9.000,00	140.211,23
104	26.280,00	7.200,00	14.400,00	84.000,00	7.200,00	144.078,64

El segundo enfoque que se observó en el escenario 2 fue lo relacionado con el proceso de poscosecha de la *minigreen*, en el que se pueden observar sobre cada nivel los valores que arrojó el simulador para la semana 104.

Tabla 15. Resultados poscosecha, escenario 2, dinámica de sistemas.

Time	DEMANDA	Cajas de Flores	perdido en P	Flores sin corta	Rentabilidad
76	195,03	14.500,04	478,93	12.392.300,7	109.921,30
77	198,39	14.768,38	487,64	12.615.715,1	103.190,14
78	209,66	14.962,20	493,54	12.835.465,0	96.110,55
79	189,78	15.158,40	495,82	13.051.536,3	115.163,93
80	190,30	15.364,53	499,43	13.235.421,9	104.216,98
81	198,00	15.547,07	506,75	13.414.310,5	112.667,84
82	194,68	15.730,84	513,37	13.584.512,2	123.524,19
83	207,36	15.921,14	521,15	13.738.346,6	107.528,64
84	203,55	16.113,50	523,57	13.885.745,2	118.204,91
85	204,52	16.317,89	526,63	14.005.990,1	126.679,82
86	198,13	16.515,71	532,44	14.139.466,8	110.083,41
87	209,08	16.716,11	536,67	14.275.418,3	116.755,20
88	201,59	16.909,64	541,36	14.413.862,5	121.452,70
89	210,56	17.109,48	550,70	14.560.022,7	129.724,69
90	206,60	17.302,40	559,44	14.729.262,5	119.727,96
91	208,83	17.510,06	562,42	14.882.209,5	114.644,90
92	194,65	17.714,30	564,88	15.051.714,0	128.760,94
93	208,52	17.918,08	570,02	15.221.722,9	122.549,84
94	193,62	18.109,25	573,57	15.392.242,6	134.488,47
95	190,70	18.312,60	578,84	15.615.710,2	143.146,53
96	197,58	18.501,33	583,81	15.835.533,8	128.844,05
97	201,89	18.687,08	588,84	16.051.787,6	121.828,79
98	206,20	18.879,00	594,58	16.234.717,3	140.571,91
99	201,35	19.075,73	599,83	16.413.442,3	152.079,53
100	189,68	19.277,16	604,70	16.584.130,9	143.065,03
101	193,70	19.475,91	607,38	16.738.296,4	155.625,33
102	192,00	19.658,15	614,90	16.886.045,2	139.938,29
103	209,62	19.849,55	617,30	17.007.219,6	136.033,98
104	210,69	20.037,39	621,54	17.139.042,6	142.233,84

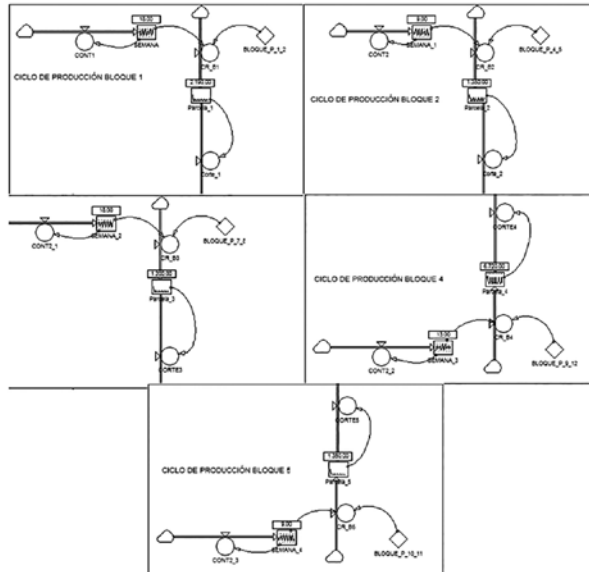
Escenario 3. Dinámica de Sistemas. Producción mixta de *Hydrangea* tipo *select* y *minigreen*

En el tercer escenario se hace un mix de producción para aprovechar de manera óptima la demanda de cada uno de estos productos. Sembrando un 10 % del cultivo con *minigreen* y el 90 % restante con *select* se obtuvieron los siguientes resultados:

Para *minigreen*

Para el cultivo de *minigreen* se realizó el siguiente diagrama de Forrester que representa el proceso de precosecha:

Figura 12. Cosecha minigreen, escenario 3, DS .



El diagrama de Forrester plasmado en la figura 12 arrojó la información que se presenta en la tabla 16, la cual muestra la cantidad de *minigreen* que produce cada uno de los bloques sembrados.

Tabla 16. Resultados cosecha *minigreen*, escenario 3, DS .

Time	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	pacidad del Cuit
84	1.752.00	1.080.00	960.00	8.400.00	1.080.00	22.220.16
85	2.190.00	900.00	1.200.00	8.400.00	900.00	21.213.70
86	2.628.00	720.00	1.440.00	8.400.00	720.00	21.569.83
87	2.847.00	900.00	1.560.00	8.400.00	900.00	21.639.28
88	4.380.00	900.00	2.400.00	8.400.00	900.00	22.764.12
89	4.380.00	900.00	2.400.00	6.720.00	900.00	24.846.12
90	4.380.00	900.00	2.400.00	8.400.00	900.00	23.515.63
91	3.285.00	900.00	1.800.00	10.080.00	900.00	25.041.06
92	2.847.00	900.00	1.560.00	10.920.00	900.00	25.112.89
93	2.628.00	720.00	1.440.00	16.800.00	720.00	24.721.52
94	2.190.00	900.00	1.200.00	16.800.00	900.00	30.443.82
95	1.752.00	1.080.00	960.00	16.800.00	1.080.00	29.544.60
96	2.190.00	1.170.00	1.200.00	12.600.00	1.170.00	29.112.91
97	2.190.00	1.800.00	1.200.00	10.920.00	1.800.00	26.038.77
98	2.190.00	1.800.00	1.200.00	10.080.00	1.800.00	25.787.20
99	2.190.00	1.800.00	1.200.00	8.400.00	1.800.00	25.115.15
100	2.190.00	1.350.00	1.200.00	6.720.00	1.350.00	23.245.91
101	2.190.00	1.170.00	1.200.00	8.400.00	1.170.00	20.210.81
102	1.752.00	1.080.00	960.00	8.400.00	1.080.00	21.687.92
103	2.190.00	900.00	1.200.00	8.400.00	900.00	20.763.76
104	2.628.00	720.00	1.440.00	8.400.00	720.00	21.768.93

De igual manera, como en los escenarios anteriores, se analizan los resultados de poscosecha para la *minigreen*. Posterior a la simulación, la *minigreen* tuvo una variación en la rentabilidad que presenta el escenario 3. Estos nuevos resultados se pueden observar en la tabla 17.

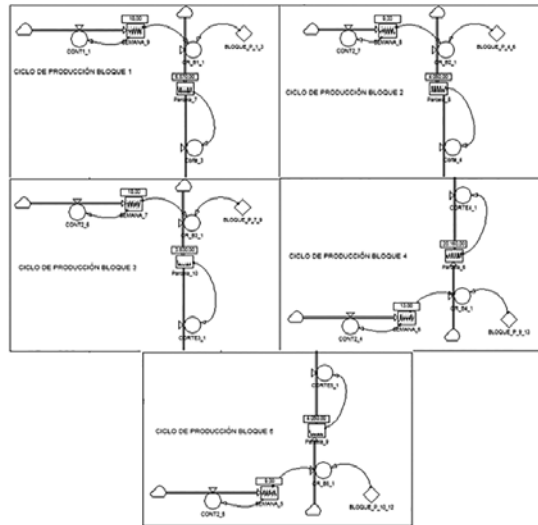
Tabla 17. Resultados poscosecha, *minigreen*, escenario 3.

Time	ANDA	MINIGR	Cajas de Flore	to en PCC	Milfores sin corta	Rentabilidad
78	209,66	14.962,23	493,54	1.317.751,48	96.110,74	
79	189,78	15.158,42	495,82	1.338.773,62	115.164,06	
80	190,30	15.364,56	499,43	1.357.689,60	104.217,20	
81	198,00	15.547,11	506,75	1.375.389,03	112.668,12	
82	194,68	15.730,86	513,37	1.391.960,61	123.524,39	
83	207,36	15.921,16	521,16	1.407.284,86	107.528,74	
84	203,55	16.113,51	523,57	1.419.392,92	118.204,97	
85	204,52	16.317,90	526,63	1.433.467,82	126.679,94	
86	198,13	16.515,73	532,44	1.446.497,43	110.083,56	
87	209,08	16.716,11	536,67	1.460.137,99	116.755,24	
88	201,59	16.909,65	541,36	1.473.410,11	121.452,80	
89	210,56	17.109,48	550,70	1.488.107,61	129.724,86	
90	206,60	17.302,42	559,44	1.504.527,34	119.728,13	
91	208,83	17.510,09	562,42	1.519.774,91	114.645,09	
92	194,65	17.714,32	564,88	1.536.458,84	128.761,08	
93	208,52	17.918,10	570,02	1.553.783,23	122.549,99	
94	193,62	18.109,27	573,57	1.570.159,82	134.488,58	
95	190,70	18.312,61	578,84	1.592.855,33	143.146,61	
96	197,58	18.501,34	583,81	1.614.768,43	128.844,10	
97	201,89	18.687,10	588,84	1.635.974,52	121.828,89	
98	206,20	18.879,02	594,58	1.653.933,09	140.572,03	
99	201,35	19.075,78	599,83	1.671.470,22	152.079,90	
100	189,68	19.277,19	604,71	1.688.527,37	143.665,21	
101	193,70	19.475,95	607,38	1.704.182,92	155.625,62	
102	192,00	19.658,20	614,90	1.716.642,54	139.938,64	
103	209,62	19.849,59	617,30	1.730.647,17	136.034,25	
104	210,69	20.037,42	621,54	1.743.021,83	142.234,02	

Para *Hydrangea select*

Para la *Hydrangea select* se realiza el diagrama de Forrester plasmado en la figura 13. Este diagrama representa la cantidad de *Hydrangea select* que la empresa está en capacidad de producir para satisfacer la demanda.

Figura 13. Diagrama de Forrester, precosecha, *Hydrangea select*, escenario 3.



Los resultados obtenidos en cuanto a productividad de *Hydrangea select* se derivan de simular el diagrama de Forrester mencionado, y los resultados arrojados por el simulador se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Resultados precosecha, *Hydrangea select*, escenario 3.

Time	Parcela 7	Parcela 8	Parcela 10	Parcela 6	Parcela 9	cantidad del t
78	6.570,00	3.510,00	3.600,00	37.800,00	3.510,00	72.206
79	6.570,00	5.400,00	3.600,00	32.760,00	5.400,00	62.616
80	6.570,00	5.400,00	3.600,00	30.240,00	5.400,00	60.587
81	6.570,00	5.400,00	3.600,00	25.200,00	5.400,00	58.088
82	6.570,00	4.050,00	3.600,00	20.160,00	4.050,00	53.345
83	6.570,00	3.510,00	3.600,00	25.200,00	3.510,00	45.477
84	5.256,00	3.240,00	2.880,00	25.200,00	3.240,00	49.927
85	6.570,00	2.700,00	3.600,00	25.200,00	2.700,00	47.206
86	7.884,00	2.160,00	4.320,00	25.200,00	2.160,00	48.198
87	8.541,00	2.700,00	4.680,00	25.200,00	2.700,00	48.904
88	13.140,00	2.700,00	7.200,00	25.200,00	2.700,00	51.425
89	13.140,00	2.700,00	7.200,00	20.160,00	2.700,00	58.254
90	13.140,00	2.700,00	7.200,00	25.200,00	2.700,00	53.561
91	9.855,00	2.700,00	5.400,00	30.240,00	2.700,00	58.449
92	8.541,00	2.700,00	4.680,00	32.760,00	2.700,00	58.489
93	7.884,00	2.160,00	4.320,00	50.400,00	2.160,00	58.426
94	6.570,00	2.700,00	3.600,00	50.400,00	2.700,00	74.506
95	5.256,00	3.240,00	2.880,00	50.400,00	3.240,00	72.976
96	6.570,00	3.510,00	3.600,00	37.800,00	3.510,00	71.908
97	6.570,00	5.400,00	3.600,00	32.760,00	5.400,00	62.149
98	6.570,00	5.400,00	3.600,00	30.240,00	5.400,00	61.056
99	6.570,00	5.400,00	3.600,00	25.200,00	5.400,00	58.702
100	6.570,00	4.050,00	3.600,00	20.160,00	4.050,00	53.475
101	6.570,00	3.510,00	3.600,00	25.200,00	3.510,00	45.284
102	5.256,00	3.240,00	2.880,00	25.200,00	3.240,00	49.399
103	6.570,00	2.700,00	3.600,00	25.200,00	2.700,00	46.759
104	7.884,00	2.160,00	4.320,00	25.200,00	2.160,00	48.395

El diagrama de Forrester para la poscosecha de *Hydrangea select* se muestra en la figura 14, y una vez simulado dicho diagrama, se obtuvieron los resultados de rentabilidad que se muestran en la tabla 19.

Figura 14. Diagrama de Forrester, poscosecha *Hydrangea select*, escenario 3

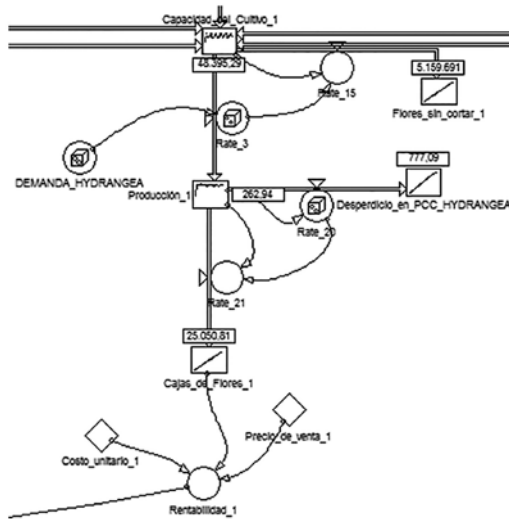


Tabla 19. Resultados poscosecha, *Hydrangea select*, Escenario 3.

Time	ANDA HYDRANGEA	Cajas de Flores	Desperdicio en PCC	Hydrangeas sin cortar	Rentabilidad
77	247,85	18.464,30	609,73	3.808.105,43	132.942,94
78	262,87	18.706,54	617,10	3.873.875,40	134.687,12
79	236,37	18.951,66	619,95	3.938.192,73	136.451,96
80	237,07	19.210,12	624,48	3.993.715,35	138.312,88
81	247,34	19.437,48	633,59	4.047.187,68	139.949,83
82	242,91	19.666,40	641,84	4.097.852,23	141.598,09
83	259,81	19.904,13	651,57	4.143.907,52	143.309,71
84	254,73	20.144,14	654,58	4.181.587,61	145.037,82
85	256,03	20.400,23	658,41	4.223.869,91	146.881,66
86	247,51	20.647,80	665,69	4.263.392,57	148.664,17
87	262,10	20.898,64	670,98	4.304.162,04	150.470,20
88	252,13	21.140,39	676,84	4.345.200,49	152.210,83
89	264,08	21.390,89	688,55	4.389.058,96	154.014,41
90	258,80	21.632,18	699,48	4.439.387,17	155.751,70
91	261,77	21.892,66	703,21	4.485.182,00	157.627,13
92	242,86	22.148,47	706,30	4.535.772,99	159.468,99
93	261,36	22.403,94	712,74	4.586.974,66	161.308,36
94	241,50	22.642,46	717,18	4.637.556,81	163.025,72
95	237,60	22.897,34	723,78	4.704.816,07	164.860,86
96	246,77	23.132,73	729,98	4.770.661,14	166.555,69
97	252,53	23.364,18	736,24	4.835.164,13	168.222,07
98	258,26	23.603,89	743,41	4.889.734,28	169.947,99
99	251,80	23.849,97	749,98	4.943.039,58	171.719,79
100	236,24	24.102,25	756,08	4.994.185,15	173.536,18
101	241,60	24.350,81	759,43	5.040.570,51	175.325,66
102	239,34	24.577,80	768,79	5.078.603,39	176.960,13
103	262,82	24.816,51	771,79	5.120.819,57	178.678,84
104	264,25	25.050,65	777,08	5.159.691,48	180.364,68

Por último, la rentabilidad total que se obtiene al realizar un cultivo mixto entre *Hydrangea* (90 %) y *minigreen* (10 %), se puede observar para cada una de las 104 semanas simuladas en la tabla 20.

Tabla 20. Rentabilidad total, escenario 3.

Time	Rentabilidad total
76	239.282,28
77	236.132,86
78	230.797,42
79	251.615,61
80	242.529,58
81	252.617,38
82	265.121,98
83	250.838,14
84	263.242,48
85	273.561,28
86	258.747,46
87	267.225,23
88	273.663,32
89	283.738,89
90	275.479,51
91	272.271,87
92	288.229,70
93	283.857,93
94	297.513,96
95	308.007,09
96	295.399,52
97	290.050,73
98	310.519,75
99	323.799,11
100	317.200,86
101	330.950,79
102	316.898,10
103	314.712,44
104	322.598,18

Conclusiones

Mediante un diagnóstico empresarial en las áreas administrativas y en la gestión productiva de la empresa Santini Flowers se evidenció la necesidad de contar con herramientas que permitan apoyar los procesos de toma de decisiones sobre sus recursos y capacidades frente a los factores de productividad.

La primera herramienta es la documentación de procesos por medio de diagramas BPMN, los cuales son un elemento de alta importancia, ya que favorecen la ilustración de manera simple de cómo se realizan los procesos de negocio, precosecha y poscosecha, permitiendo a la empresa hacer modificaciones a sus procesos con una visión más clara de su comportamiento. También favorece el despliegue de la información de los procesos a personas interesadas, externas e internas, ya sea para la toma de decisiones o procesos de certificación.

La segunda herramienta es la simulación discreta y continua; herramienta que implicó un fuerte análisis cuantitativo por parte del grupo investigador, donde el primer paso, la identificación de las variables que formarían los modelos de simulación, implicó una evaluación de los procesos de precosecha y poscosecha. Se determinó que era importante medir la productividad, la rentabilidad de flores, la cantidad de flores cosechadas y los desperdicios, así como una serie de variables auxiliares para la conformación de los dos modelos de simulación. Una vez se identificaron las variables que conformarían el modelo, se levantaron datos cuantitativos mediante la toma de tiempos e información suministrada por Santini Flowers, para obtener así variables que modelan los procesos de precosecha y poscosecha, apoyadas por datos cuantitativos reales, validados estadísticamente en el complemento estadístico de Promodel® (StatFit).

Así, el uso de estas herramientas se convierte en una potente fuente de información para la toma de decisiones en Santini Flowers. Se pueden realizar variaciones a la demanda, número de empleados, actividades del proceso, etc. No obstante, el grupo investigador diseñó escenarios probables en Promodel® para mejorar la productividad, y escenarios probables en PowerSim® para analizar la rentabilidad de la empresa.

Con los tres escenarios propuestos en Promodel®, se obtuvo lo siguiente:

- Escenario 1: ubicar dos de los operarios de maquillaje en corte. Logra aumentar la productividad de la empresa en un 96,9 %, al superar en 6300 flores semanales al modelo productivo actual.
- Escenario 2: usar recipiente con capacidad para 40 flores. Incrementa la productividad de la empresa en un 29,8 %, pasando de producir actualmente 6500 flores semanales a 8440 flores semanales.
- Escenario 3: usar un recipiente con capacidad para 40 flores y dos cortadores transferidos desde maquillaje. Este es el escenario que más aumenta la productividad de Santini Flowers de los tres propuestos, al aumentar esta en un 150,4 %.

Para analizar la rentabilidad durante dos años, se crearon igualmente tres escenarios teniendo en cuenta dos tipos de productos de la *Hydrangea* (*select* y *minigreen*), obteniendo:

- Escenario 1 DS: cultivo únicamente *Hydrangea*. En este escenario se plantea un cultivo con 45 300 plantas de *Hydrangea* sembradas, seccionadas en cinco

bloques, la demanda está representada con una distribución uniforme con un mínimo de 7000 y un máximo de 8000 flores semanales; el escenario propuesto es simulado 104 semanas, el cual evidencia que la rentabilidad en el año dos será de 173 537,19 USD.

- Escenario 2 DS: cultivo únicamente *minigreen*. Se plantea un cultivo de 45 300 plantas de *Hydrangea*, a diferencia de la *Hydrangea select*, que tiene la capacidad de producir una flor por semana, se pueden producir tres flores por semana de *Hydrangea minigreen*, lo que aumenta la cantidad de flores que puede dar el cultivo. A diferencia de la *select*, la *minigreen* no tiene una demanda tan alta, encontrándose definida por una distribución uniforme con un mínimo de 7500 y un máximo de 8500 flores semanales; al igual que el escenario uno, este es simulado 104 semanas y nos indica una rentabilidad del producto de 143 664,6 USD.
- Escenario 3DS: producción del cultivo mixto. En este escenario se plantea un cultivo mixto, es decir, que exista producción de tipo *select* y *minigreen*. Para ello se tuvo en cuenta la forma de distribución del cultivo para asegurar que la producción de ambos productos fuera mayor o igual a la demanda. Se le asignó un 90 % de flores sembradas a las *Hydrangea* tipo *select* y un 10 % a las *minigreen*; esta combinación asegura cumplir con la demanda de ambos productos sin incrementar de manera representativa las flores que no son cortadas. La demanda de cada producto para este modelo es la misma presentada en los dos escenarios anteriores y en términos de rentabilidad logra aumentar con respecto a los anteriores modelos, lo cual permite que la empresa obtenga un beneficio de 317 201,59 USD.

Referencias

1. Aracil, J. (1995). *Dinámica de sistemas*. España: Isdefe.
2. Aracil, J. & Gordillo, F. (1997). *Dinámica de sistemas*.
3. Blanco Rivero, L. E. & Fajardo Piedrahíta, I. D. (2003). *Simulación con Promodel*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
4. Coss Bú, R. (2005). *Simulación: un enfoque práctico*. Monterrey: Limusa.

5. Díaz, F. J. (1993). *Problemas de estimación y validación de modelos de dinámica de sistemas bajo consideraciones de incertidumbre*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
6. Forrester, J. W. (1962). *Industrial dynamics*. Massachusetts: M. I. T.
7. Gallagher, C. & Watson, H. (1982). *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración* (M. González, trad.) México: McGraw-Hill.
8. Izquierdo, L. R. (2008). Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistema. *Empiria*, (85), 85-112.
9. Leutscher, K. J., Renkema, J. A. & Challa, H. (1999). Modelling operational adaptations of tactical production plans on pot plant nurseries: a simulation approach. *Agricultural Systems*, (59), 67-78.
10. Monsalve, A. & Ortiz, D. A. (2011). *Propuesta de un modelo de simulación para un proceso de poscosecha: caso específico Inversiones Coquette*. Medellín: UPB.
11. Pérez, G., Arango, M. D. & Pérez, T. M. (2010). Propuesta metodológica para el mejoramiento de procesos, a partir de un estudio de métodos. *Revista Universidad Eafit*, 46(157), 19-39.
12. Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
13. Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones*. Ciudad de México: Pearson.
14. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. (S. f.). Dirección Nacional de innovación académica. Recuperado de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4060015/Lecciones/Capitulo%20VI/tipos.htm>
15. Zimmerman, W. B. (2004). *Process modelling and simulation with finite elements methods*. New Castle: British Library Cataloguing.



**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.

ISSN 2322-7672



9 772322 767008

