



**UNIVERSIDAD EAFIT**

*Abierta a la investigación*

ISSN 1692-0694

**ARTÍCULOS  
RESULTADO DE LOS PROYECTOS DE GRADO  
REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE  
INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN  
QUE SE GRADUARON EN EL 2003**

**ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN  
UNIVERSIDAD EAFIT**



PRIMERA UNIVERSIDAD PRIVADA CON ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL EN ANTIOQUIA  
Resolución 2086 del 5 de septiembre de 2003





# TABLA DE CONTENIDO

• RESUMEN .....	1
• ABSTRACT .....	1
• INTRODUCCIÓN .....	2
• MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS LOGÍSTICOS EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS .....	3
• APLICACIÓN DE TECNICAS DE RAPID TOOLING PARA LA FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS DE EMBUTICIÓN .....	15
• INVENTARIO DE APLICACIONES DEL ALGORITMO DE BÚSQUEDA ALEATORIA PARA LA SECUENCIACIÓN DE TRABAJOS .....	30
• DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN EN MICROSOFT VISUAL BASIC PARA PROGRAMACIÓN DE LAS OPERACIONES EN PRODUCCIÓN .....	41
• APLICACIÓN DE LA CONTABILIDAD DEL TRÚPUT EN LA LÍNEA DE MOLIENDA Y TRITURACION DE SUMICOL .....	49
• MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO BASADO EN INDICADORES DE GESTIÓN PARA UNA EMPRESA DEL TRANSPORTE AEREO .....	56
• MEJORAMIENTO EN LA OPERACIÓN DE LAS BODEGAS DE INSUMOS Y PRODUCTO TERMINADO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONFECCIÓN .....	71
• ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA EL CONTROL, PROGRAMACIÓN Y PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO EN MEDELLÍN Y SU ÁREA METROPOLITANA .....	82
• REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE PARO EN DOS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS FAMILIA SANCELTA S.A., PLANTA RIONEGRO .....	95
• IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL TOTAL DE PÉRDIDAS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA .....	115





## RESUMEN

Este documento presenta la relación de los artículos de los proyectos de grado de la Carrera de Ingeniería de Producción de la Universidad EAFIT en el año 2003. La información de cada artículo, contiene el área de énfasis (gestión de la producción, manufactura, proyectos), el asesor del proyecto de grado y los artículos con la descripción y resultados del proyecto de grado.

La originalidad y pertinencia de los artículos, los convierten en un material bibliográfico valioso para la ingeniería y en especial para la comunidad de ingeniería de producción. Cada uno de los artículos representa un punto de vista particular en la aplicación de las técnicas y teorías asociadas a la ingeniería de producción en nuestro medio.



## ABSTRACT

This document presents the articles of the final year undergraduate projects of the Production Engineering Department at EAFIT University during 2003. Each article contains information about the area of interest (Operations management, manufacturing, projects), the main adviser, and the articles with the description and the results of the graduation Projects-

The originality and the pertinence of the articles convert them into a bibliographical valuable material for the engineering and especially for the production engineering community. Each one of articles represents a particular point of view in the application of new techniques and theories related with production engineering in our environment .

## INTRODUCCIÓN

Los artículos que surgen como resultado de los proyectos de grado de los estudiantes de Ingeniería de Producción y que se presentan en este cuaderno son una muestra del interés del departamento y sus estudiantes en el logro de la aplicación y desarrollo de los conocimientos adquiridos a lo largo de los años de estudio de la carrera. Reflejándose tanto el compromiso de los estudiantes como del departamento en el mejoramiento de los sistemas productivos de las empresas manufactureras y de servicios

Los trabajos de grado son el primer trabajo profesional de los estudiantes, el cual es evaluado por pares externos, profesionales que trabajan o investigan en el campo de acción del proyecto, lo cual estimula a los estudiantes a realizar cada vez mejores trabajos, mejores investigaciones que se apliquen en las empresas donde se desarrollan y que permitan en muchos casos generar continuidad en los proyectos redundando esto, en beneficios tanto para la academia como para la industria.

Para el departamento de Ingeniería de Producción los proyectos de grado son el constante suministro de temas e inquietudes para los trabajos de investigación teórica y aplicada, para las asesorías y consultorías e inclusive para los cursos de extensión ofrecidos por el departamento. Los estudiantes y profesores con sus ideas y sugerencias de temas de proyecto de grado, son el soporte para muchos de los trabajos de investigación que se desarrollan en el departamento.

Adicionalmente los trabajos de grado han permitido el desarrollo de las áreas de énfasis de la carrera con investigaciones en temas puntuales de cada una de ellas, que permiten la retroalimentación constante entre lo teórico presentado en clase y lo práctico realizado en los proyectos de grado, generándose una sinergia importantísima en el desarrollo del departamento.

El proyecto de grado no es una materia mas dentro del pensum de Ingeniería de Producción, es también la puerta de entrada a la industria, con la continuación de lo desarrollado en el proyecto, es también la puerta de entrada a la investigación y a los reconocimientos que de esta se puedan obtener, por ejemplo, el premio Otto de Greiff a Los Mejores Trabajos de Grado, e inclusive son la puerta de entrada a los diferentes centros de investigación del país o del mundo.

Cabe resaltar un especial agradecimiento a todas las empresas y diferentes personas que han servido de soporte para el desarrollo de los proyectos de grado del departamento y a los jurados y asesores de proyecto por su dedicación y apoyo a esta importante tarea que nuestros estudiantes deben llevar a cabo como otro de los requisitos en su formación académica y personal.

**JUAN GREGORIO ARRIETA POSADA**  
Coordinador Proyectos de Grado  
Departamento de Ingeniería de Producción



# MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS LOGÍSTICOS EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS

ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN - 2003  
PROYECTO DE GRADO - UNIVERSIDAD EAFIT

## AUTORES

CARLOS ANDRÉS RODRÍGUEZ LÓPEZ, [crodrig6@eafit.edu.co](mailto:crodrig6@eafit.edu.co)  
FABIÁN RESTREPO SANCHEZ, [frestre5@eafit.edu.co](mailto:frestre5@eafit.edu.co)

## ÁREA DE ÉNFASIS

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN - LOGÍSTICA

## ASESOR

Ing. RICARDO URIBE, [ruribe@eafit.edu.co](mailto:ruribe@eafit.edu.co)



## **RESUMEN**

Este trabajo se busca realizar mejoramientos de los procesos logísticos, los cuales se inician en el control de la operación en Saferbo a través de la implementación de un modelo viable de indicadores de gestión, reforzado con un análisis de los procesos de entregas, zonificación nacional, tráfico nacional y recogidas para identificar la relevancia interna y externa de estos y finalizando con la identificación de los puntos focales para la realización e implementación de los cambios en los procesos y en el centro de distribución.



## **ABSTRACT**

This work it is looked to carry out improvements of the logistical processes, which begin in the control of the operation in Saferbo through the implementation of a viable model of management indicators, reinforced with an analysis of deliveries, national zone processs, national traffic and pick up processes to identify the internal and external relevance of these and concluding with the identification of the focal points for the realization and implementation of the changes in the processes and in the distribution center.



## **PALABRAS CLAVES**

Transporte, mercancías, entregas, recogidas, indicadores.



## **KEYWORDS**

Transport, goods, deliveries, collections, indicators.



## INTRODUCCIÓN

Lograr la satisfacción de los clientes implica que toda la cadena de abastecimiento se involucre, desde el proveedor hasta el cliente y exige que todas las partes cumplan a cabalidad sus compromisos. Es así como el sector de transporte de mercancías cumple un papel preponderante en esta cadena y más aún cuando dadas las condiciones del país no son las mejores para el desarrollo de este sector.

Saferbo no ha sido ajeno a esta nueva realidad, y ha puesto en marcha planes de mejoramiento continuo, que lo mantengan a la par o mejor que sus competidores.

Con este proyecto se busca implementar mejoramientos que cambien los procesos, haciéndolos más eficaces para permitir responder de una mejor forma a un mercado exigente y en constante crecimiento.

Este proyecto está constituido por un análisis de los procesos, evaluación de los mismos e implementación de cambios en ellos, dirigidos a disminuir los problemas que Saferbo presenta en los servicios y con el objetivo de reconocer algunos recursos utilizados en estos procesos.

A la par de estas actividades se escogió una metodología para el trabajo de los indicadores de gestión en Saferbo.

Se complementa también el proyecto con un análisis de cargos con los que se busca aumentar la polivalencia del personal y disminuir algunos procesos administrativos que involucran directamente algunos procesos logísticos y con cambios en el centro de distribución a través de un análisis de capacidad, que busca agilizar los procesos logísticos de la empresa y disminuir los tiempos que demoran éstos.

Por último, se establece una metodología para el análisis y control de la operación que se acomoda a la demanda de los productos y a las actuales condiciones de la empresa.

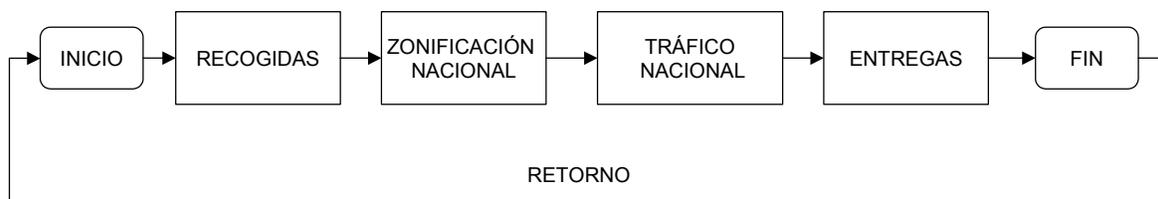
## 1. PROCESOS LOGÍSTICOS EN SAFERBO

Los procesos logísticos (operativos) en la empresa se conocen al interior de la misma como Transporte y Distribución de mercancías.

Estos procesos inician con la solicitud de un cliente de recogida de mercancías o con la colación de la misma en uno de los centros de acopio. El proceso de recogidas se realiza en vehículos urbanos, que tiene rutas asignadas y que trabajan bajo la coordinación de un jefe de recogidas. La mercancía recogida llega al centro de distribución y se carga directamente si hay disponibilidad de vehículos troncales. Los vehículos troncales hacen parte del proceso de tráfico nacional que inicia con el cargue completo y sellamiento del vehículo y termina con la llegada a la ciudad destino, este proceso es controlado por un centro de comunicaciones y por un Jefe de tráfico nacional. Cuando llega la mercancía al centro distribución, se asigna a vehículos urbanos y se carga de acuerdo a rutas previamente establecidas y a las condiciones específicas de entregas. Todo el proceso de entregas termina con la firma de la guía, que indica que el destinatario recibió a satisfacción la mercancía. Dada las características y disponibilidad de la flota, la mayoría de los vehículos que terminan las entregas inician el proceso de recogidas.

Un flujograma general del proceso se encuentra en la figura 1, e imágenes de los procesos en la figura 2.

**FIGURA 1**  
**Flujograma de los procesos logísticos**



### IMÁGENES DE SAFERBO



## 2. MEJORAMIENTOS

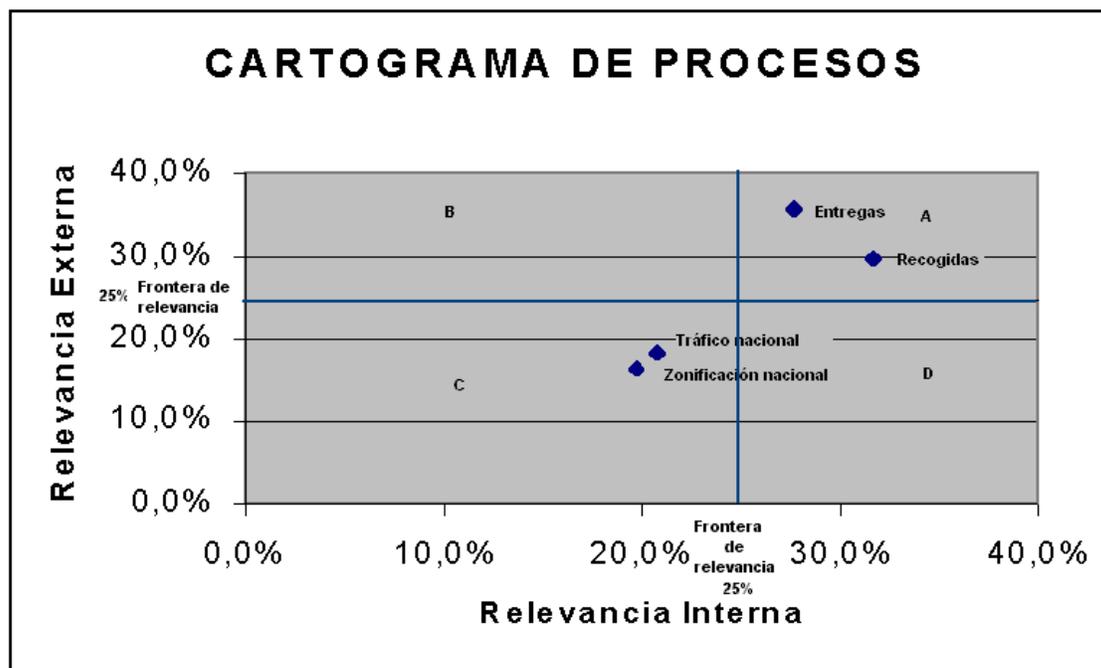
### 2.1 ANÁLISIS DE RELEVANCIAS DE PROCESOS

Con el fin de focalizar la forma como se haría las mejoras, se realizó un análisis de la relevancia interna hecha a través de opiniones del comité de calidad de la empresa y de relevancia externa realizada con encuesta a los clientes y con los ejecutivos de cuenta según la metodología de Juan F Pérez (Pérez,1998,p140) se muestra el cuadro de relevancias (Cuadro 1 ) y la gráfica de estas en el cartograma de procesos de la figura 3.

**CUADRO 1**  
**Índices de relevancia interna y externa**

Relevancias	Recogidas	Zonificación Nacional	Tráfico Nacional	Entregas	Promedio
Interna	31,7%	19,8%	20,8%	27,7%	25,0%
Externa	29,8%	16,3%	18,2%	35,7%	25,0%

**FIGURA 3**  
**Cartograma de procesos**



- Zonificación nacional, se entiende que este proceso es el menos relevante en sus 2 valoraciones, por lo tanto, sus mejoramientos no son prioritarios y pueden estar determinados a que en los demás procesos ya se hayan hecho las mejoras pertinentes.
- Tráfico nacional, dada su posición dentro del cartograma, se puede decir que este proceso es susceptible de ser subcontratado, ya que no representa un factor clave en las relaciones con los clientes y tampoco es un proceso de mayor relevancia para la empresa.
- Recogidas, se evidencia que este es un proceso clave del negocio y representa un proceso primordial tanto para los clientes como para la empresa, a este proceso se debe dar la prioridad en los mejoramientos, y debe contar de inmediato con la atención de la gerencia, ya que lo que se haga con este debe ser en el corto plazo.
- Entregas, este es el proceso de mayor importancia para el cliente y para la empresa, cualquier cambio se debe implementar de inmediato, porque este el factor que representa una ventaja comparativa para la empresa.

Los procesos claves son Entregas y Recogidas y son éstos a los cuáles se les debe prestar más importancia a la hora de la realización de las mejoras.

Al igual con este análisis se encontró la estrategia de la empresa y otros datos importante que no se muestran por confidencialidad.

## 2.2 PROBLEMAS Y MEJORAS EN LOS PROCESOS

### 2.2.1 Problemas y Mejoras en Recogidas

Los siguientes son los problemas encontrados en el proceso de recogidas y los mejoramientos realizados en cada uno de ellos.

**CUADRO 2**  
**Problemas y mejoramientos en recogidas**

PROBLEMA	MEJORAMIENTO
Asignación manual y subjetiva de las recogidas	Lista de programación de recogidas a través del sistema, lo que implica que ya no se tiene que buscar manualmente y el sistema organiza las recogidas por zonas.
15 % de los clientes demoran 30 minutos los vehículos para iniciar el cargue	Se renevió el horario de recogidas con algunos clientes
Disponibilidad de vehículos para recogidas	Recogidas en los acopios: se mejoró la disponibilidad, ya que se promocionó a los centros de acopio como centros de recogidas
Desconocimiento de la mercancía y de los criterios para el transporte	Se establecieron las restricciones de las mercancías y criterios para el transporte de mercancías, que anteriormente eran desconocidas y no estaba formalizadas. Se formalizaron a través de un documento difundido en la organización.
Desconocimiento de los auxiliares de la correcta manipulación de mercancía	Se estableció un documento de obligatorio cumplimiento en el cual se estipulaban las condiciones para la manipulación, arrume y empaque.

Se disminuyó el tiempo en recogidas de 1.518 a 1.505 minutos, es decir en 0.468 minutos por unidad, esta disminución se debe en gran parte a la renegociación de horarios con los clientes que se demoraban en recogidas y las recogidas de los acopios, lo que permitió obtener un mejor desempeño de las tripulaciones.

También las restricciones en la mercancía a transportar, permitieron que se rechazaran mercancías con una mayor facilidad y de esta forma no se retrazara a las tripulaciones mientras bajo su criterio establecían si se podía o no recoger.

### 2.2.2 Problemas y Mejoras en Recogidas en Zonificación Nacional

Estos son los problemas y mejoramientos del proceso de zonificación nacional, que contiene dos procesos: descargue urbano y cargue troncal.

**CUADRO 3**  
**Problemas y mejoramientos en zonificación nacional**

PROBLEMA	MEJORAMIENTO
Revisión visual de la mercancía y desconocimiento de las condiciones de arrume.	Este problema se solucionó con el documento de condiciones para el transporte de mercancías, que estipulaba las condiciones para un correcto arrume.
Planilla manual de cargue troncal confusa	Se rediseñó la planilla manual, estableciéndose campos e información nueva para el correcto diligenciamiento de la misma.
No existe ninguna metodología para la asignación de muelles	Se estableció como metodología de asignación de muelles la priorización de los muelles para los vehículos que en el momento de la llegada al centro de distribución que tuvieran mayor cantidad de unidades para las ciudades de Cali y Bogotá.

**Descargue urbano:** Aumentó el tiempo por unidad de 0,425 a 0,546 minutos, en descargue urbano, un promedio de 0.121 minutos por unidad. Básicamente, éste aumento corresponde a que no se realizó ningún mejoramiento que disminuyera el tiempo de descargue urbano, ya que cualquier mejora de este proceso involucra una adición de recursos de personal y maquinaria. Sin embargo el mejoramiento que se logró en tiempo de este proceso se encuentra en cargue troncal que se muestra a continuación.

En todo caso, la priorización de vehículos en el momento de la asignación de los muelles, que se hace, cuando los vehículos llegan de recogidas, mejoró los tiempos de entrega en las otras ciudades del país de 1.65 en el mes de agosto a 1.56 en el mes de septiembre, lo que se traduce en una disminución 0.09 días, es decir, 2.16 horas.

**Cargue troncal:** disminuyó el tiempo en cargue troncal de 0,264 a 0,256 minutos, es decir un promedio de 0.007 minutos. Se observa que la cantidad de guías aumentó en un 11,7% y el tiempo promedio de unidad del proceso disminuyó, se puede notar que es una mejora considerable en el tiempo, pues en la totalidad del proceso implica que en el mes de septiembre se ahorraron, por las 38.451 guías que se transportaron para otras ciudades, 4.48 horas en todo el proceso. Esta mejora se debe al cambio de la planilla troncal, que permitió agilizar el despacho del vehículo y a la modificación de la malla que permitió flujos más directos.

### 2.2.3 Problemas y Mejoras en Tráfico Nacional

Se muestran los problemas encontrados en el proceso tráfico nacional y los mejoramientos realizados en cada uno de ellos.

**CUADRO 4**  
**Tiempo promedio por unidad en cargue troncal**

PROBLEMA	MEJORAMIENTO
Los conductores no realizan una revisión formal del estado de los vehículos	Se diseñó un formato de chequeo troncal pre-ruta con el que se busca incluir a los conductores en la revisión del vehículo
No se certifica el estado de los vehículos contratados	Se comenzó a exigir un certificado técnico mecánico para los vehículos contratados
No están formalizados los documentos que se les exige a los vehículos contratados	Se formalizaron al interior de la empresa los documentos que se les debe exigir los vehículos contratados.
No se realiza una evaluación del desempeño de los vehículos contratados aparte del tiempo	Se estableció un formato para la evaluación del desempeño vehículos contratados

### 2.2.4 Problemas y Mejoras en Entregas

Estos son los problemas y mejoramientos del proceso de entregas, que contiene dos procesos: descargue troncal - cargue urbano y entregas.

**CUADRO 5**  
**Problemas y mejoramientos en entregas**

PROBLEMA	MEJORAMIENTO
Bajo conocimiento del manejo de mercancías	Los empleados mejoraron el conocimiento de manejo de mercancías a través del documento que establece las condiciones respectivas.
Baja polivalencia de los empleados	Mejoró con el cambio en los cargos que se realizó desde el punto de vista administrativo.
Baja capacidad del personal para la solución de problemas en la entrega	Se asignó a una persona del departamento de servicio al cliente que apoyara la labor de solución de problemas en la entrega y mejorara la capacidad de las tripulaciones para la solución de los mismos.
Información errada de los destinatarios	Se creó el mecanismo de corrección de las bases de datos de los clientes (de sus destinatarios) a través del departamento de facturación.
Desconocimiento de los horarios en que reciben los clientes	Se creó la base de datos de destinatarios, mediante la cual se hacen advertencias de las características de cada cliente para la entrega en cuestiones de horarios, citas, etc.

**Descargue troncal:** aumentó el tiempo en descargue troncal de 0,226 a 0,241 minutos, un promedio de 0.016 minutos. Sin embargo este tiempo no afecta considerablemente, pues el descargue troncal no se realiza siempre en los mismos horarios, ya que se descarga cuando los vehículos llegan al centro de distribución, y esto sucede a varias horas. La mejora en este caso estuvo enfocada a aumentar la cantidad de

personas que podían supervisar el cargue e impedir que la consecución de esta persona fuera el cuello de botella que retrazara el proceso.

**Cargue urbano:** disminuyó el tiempo en cargue urbano de 0,601a 0,460 minutos, siendo un promedio de 0.140 minutos. Esta mejora fue producto de la mejora de la malla del centro de distribución, pues ésta ayudó a aumentar las puertas disponibles para sacar las mercancías de la zona respectiva al interior de la malla y permitir que los flujos directos (cuando el descargue troncal y el cargue urbano se realiza inmediatamente) no tuvieran interrupciones por cuenta de la malla.

**Entregas:** disminuyó el tiempo en entregas de 4,973 a 4,760 minutos, siendo un promedio de 0.214 minutos, equivalentes a 137.14 horas para las 38451 guías que se movieron en el mes de Septiembre. Esto representa una de las mejoras que más tiempo disminuyó y que responde al proceso crítico que arrojó la relevancia interna y externa de los procesos.

### 2.2.5 Otros Problemas y Mejoras

**CUADRO 6**  
**Otras mejoras**

PROBLEMA	MEJORAMIENTO
Flujos dispersos causados por al existencia de una malla	Se rediseñó la malla, ya que era imposible eliminarla, pero se ubicaron mejor las entradas y el espacio al interior de la misma.
Falta de metodología para el control y seguimiento de la organización	Se aprobó e implementaron los indicadores para controlar todos los procesos logísticos de la empresa y algunos directamente relacionados.
Reconocimiento estratégico de la empresa	Se aclaró con el personal directivo la estrategia de la empresa a través del reconocimiento de los factores claves de éxito de Saferbo
Los asesores comerciales venden el servicio desconociendo las características de la mercancía	Se realizó el formato de visita logística que es requerimiento del área operativa para la prestación del servicio al cliente.
La empresa no conoce exactamente la capacidad utilizada en el servicio de transporte.	Se mejoro la forma como se controla la capacidad al establecerse un mecanismo a través de Excel y de planillas para la toma de datos el cual arroja la información necesaria para medir la cantidad de unidades movidas, el tiempo y el personal en cada uno de los procesos.

De las anteriores mejoras no se tiene un indicador exacto, ya que son mejoras que permitieron a la organización solucionar problemas de control de la operación (a excepción de la malla que se explica en el numeral 8.4), pues se permitió reconocer las estrategias de la empresa y los atributos que exigían los clientes con miras a que los procesos respondieran a éstos.

Gracias a esta clase de mejoras, Saferbo cuenta hoy con una metodología para el manejo de indicadores y para medir su capacidad que es información que le sirve para controlar los procesos y para apoyar la toma de decisiones, que anteriormente se hacía de informalmente o con base en informes.

### 3. CONCLUSIONES

El estudio de la teoría de indicadores de gestión, demostró que en el medio falta teoría que verdaderamente involucre todos los elementos que circulan entorno a una empresa, pues fueron pocas las metodologías que se encontraron, que involucraran tanto competentes estratégicos como del mercado. Por esta razón se seleccionó la metodología de Juan F Pérez que permitía acercar la estrategia de la empresa y los atributos que exigen los clientes a los indicadores de la empresa.

Se logró hacer una identificación de los procesos claves de la empresa, a través de la descripción de ellos y del reconocimiento de la situación problemática que dio inicio al enfoque de las mejoras a realizar. Los procesos cuyas relevancias estaban por encima de las otras fueron los procesos de recogidas (31.7%, 29.8%), y entregas (25.7%, 35.7) y fue en los que se lograron las mayores disminuciones en cuanto a tiempo. Sin embargo como el objetivo era mejorar todos los procesos, también se realizaron cambios en los procesos de tráfico nacional y de zonificación nacional que permitieran asegurar un mejor servicio.

El estudio de capacidad permitió establecer una metodología para el control de tiempos, de personal y de cantidad de unidades que se mueven en los procesos, convirtiéndose en una poderosa herramienta al interior de Saferbo para reconocer el comportamiento de los procesos en la empresa y determinar su capacidad para prestar el servicio. Gracias a este análisis se logró hacer estudios más específicos de los procesos, en los cuales se encontró que el cuello de botella de la empresa estaba en el proceso de entregas y que de realizarse una inversión, se debería hacer en este proceso, pues es el que realmente retarda la operación.

El tiempo de recogidas disminuyó 0.468 minutos por unidad, como respuesta a la renegociación lograda con algunos clientes para que cambiaran sus horarios de entrega ya que se demoraban mucho en momento en que se demoraban en promedio 30 minutos generalmente para entregarle la mercancía a Saferbo. Esta disminución de tiempo también fue apoyada por el trabajo realizado con los acopios para la que también apoyaran las recogidas con personal propio y de esta forma alivianar la cantidad de recogidas que tenían que hacer las tripulaciones. Con la renegociación de horarios implementados y el apoyo de los centros de acopios, el cumplimiento en recogidas aumentó de 56,13% en agosto a un 82,28% en septiembre, siendo un 26,15% la mejora lograda.

Uno de los problemas que también aumentaba el tiempo de recogidas era el desconocimiento de los criterios para el cargue de mercancía, que quitaba tiempo por concepto de la consulta que se tenía que realizar para poder cargar la mercancía y por los problemas que causaba la mercancía que no se podía transportar (devoluciones, maltrato a otras mercancías, demasiado peso para cargar o descargar, etc).

Se estableció un documento para la correcta manipulación de mercancías, el correcto arrume y el empaque adecuado que debían tener los productos para evitar problemas en cuanto a saqueos o maltrato de la misma, con miras a mejorar el conocimiento de los auxiliares frente a estos aspectos, este documento fue un cambio que permitió mejorar el conocimiento de estos conceptos en todos los procesos logísticos.

El proceso de entregas mejoró ya que se asignó personal para la solución de problemas en la entrega y que mejorara la capacidad de las tripulaciones para la solución de los mismos. También con el inicio de la construcción de la base de datos de destinatarios, en la cual se establecen parámetros como horarios y días de entrega para los clientes y con lo cual se busca disminuir la cantidad de mercancía que se devuelve al CEDI por esta razón. Con esta asignación y la construcción de la base de datos de destinatarios, el tiempo de entregas disminuyó en 0.214 minutos, pues los problemas en la entrega se solucionan más rápidamente y se disminuyen con la base de datos de destinatarios.

Las devoluciones disminuyeron en un 0.1 %, lo que corresponde a 20 unidades menos en devoluciones, gracias a la solución de problemas en la entrega y teniendo en cuenta que las unidades aumentaron un 12,9% del mes de agosto a septiembre.

Se mejoró la proactividad en el suministro de información a los clientes, a través de la asignación de una persona dedicada a llamar a los clientes para sondear el servicio y a través de la implementación del indicador de proactividad en la solución de inquietudes, que busca presionar al departamento de servicio al cliente para que realice más llamadas de las que recibe.

También en cuanto a mejoras administrativas que afectaban la operación se realizó el formato de visita logística con el cual se busca ingresen clientes a los cuales sí se les pueda transportar la mercancía, sin ningún inconveniente.

En cuanto a la reorganización de cargos, se buscó aumentar la polivalencia del personal y disminuir los trámites administrativos cuando se realizan cambios o reemplazos en los puestos de trabajo. Con esto se eliminaron una serie de preferencias al interior de la empresa y se permitió que más empleados de la parte operativa pudieran desempeñar más funciones tranquilamente.

Con la malla se logró una mejor distribución de la misma, con el cual se aumentaron la cantidad de accesos y el espacio al interior de la misma. Lográndose aparte de una apariencia más agradable del centro de distribución, flujos más directos que se notaron en la mejora del cargue urbano que disminuyó 0.14 minutos.

## 4. BIBLIOGRAFÍA

BELTRÁN JARAMILLO, Jesús Mauricio. Indicadores de gestión, herramientas para lograr la competitividad. 2 ed. Santa Fe de Bogotá. 1998. 147p.

CARDONA CARDONA, Wilson y GIRALDO GÓMEZ, Pedro Luis y LÓPEZ HERNÁNDEZ, José Fernando. Modelo de gestión fundamentado en indicadores, empresa de transporte intermunicipal de pasajeros Expreso Alcalá S.A. Universidad de Antioquia. Medellín. 1996, 134p.

DOMINGUEZ MACHUCA, José Antonio. Dirección de las operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. España: McGraw-Hill. 1995.

GONZÁLEZ PÉREZ, Pilar María. Balanced Scorecard, Centro de distribución nacional compañía de galletas Noel S.A. Universidad de Antioquia Medellín. 1999. 128p.

KAPLAN, Robert S y NORTON, David P. El cuadro de mando integral. 2 ed. Barcelona. 2000. 321p.

PÉREZ, Juan F. Compitiendo por crear valor. Madrid. 1998 304p.

SIERRA MONTOYA, Maria Beatriz, OTALVARO BENJUMEA, Rosa Elena y TORRES VALENCIA, Irene. Diseño del centro de distribución de galletas Noel S.A. Universidad de Antioquia. Medellín. 2002, 143p.

VÁSQUEZ MARÍN, Rafael. Almacén de clase mundial, propuesta para una operación logística rentable. Medellín. 2001 198p.



# APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE RAPID TOOLING PARA LA FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS DE EMBUTICIÓN

ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN - 2003  
PROYECTO DE GRADO - UNIVERSIDAD EAFIT

## AUTOR

DANIEL FELIPE MUÑOZ TORO. [dmunozto@eafit.edu.co](mailto:dmunozto@eafit.edu.co)

## ÁREA DE ÉNFASIS

MANUFACTURA

## ASESOR

Ing. CARLOS ARTURO RODRIGUEZ ARROYAVE. [carodri@eafit.edu.co](mailto:carodri@eafit.edu.co)

## RESUMEN

Este artículo realiza una síntesis del proyecto de grado: “Aplicación de Técnicas de Rapid Tooling para la Fabricación de Prototipos de Embutición”, en dicho proyecto se pretende presentar, una posible solución para la fabricación rápida y económica de prototipos de embutición en lámina metálica en Industrias HACEB S.A., mediante la documentación, el estudio y experimentación con técnicas basadas en el Concepto Rapid Tooling aplicables a dicho fin.

El artículo comienza abordando la problemática actual para el desarrollo de prototipos a nivel mundial y en Colombia, posteriormente continua con una descripción básica de la tecnología Rapid Tooling, luego se hace una breve descripción de las técnicas aplicables para la obtención de herramientas para la embutición de lamina metálica. Por ultimo se describe el método seleccionado por la compañía para construir la herramienta experimental y las conclusiones del proyecto.

## ABSTRACT

This article summarizes the development of the graduation project “Applications of Rapid Tooling Techniques for the Manufacturing of Forming Prototypes”, in this project the main idea is to present, a possible solution for the fast and economical production of sheet metal forming prototypes in Industrias HACEB S.A. by means of documentation, study, and experimentation, with techniques based on the concept of Rapid Tooling applicable to this aim.

The article begins approaching the actual problematic for the development of prototypes a world-wide level and in Colombia, it provides a basic description of the Rapid Tooling technology, it also gives a brief description of the applicable techniques to build tools for sheet metal forming fabrication. Finally it describes the method selected by the company to build up the experimental tool, and it presents the conclusions of this project.

## PALABRAS CLAVES

Rapid Tooling, Prototipos, Lámina Metálica, Embutición.

## KEYWORDS

Rapid Tooling / Prototypes / Sheet Metal / Forming



## INTRODUCCIÓN

El proceso de globalización que se ha venido presentando en nuestro país a partir de la década de los noventa ha debilitado notoriamente las empresas nacionales pues, nuestras empresas se encuentran compitiendo en desigualdad de condiciones económicas tecnológicas y profesionales.

Actualmente la crisis se ha extendido a todos los sectores de nuestra economía y especialmente en sectores como: el automotriz y los electrodomésticos, donde la constante innovación por parte de compañías extranjeras, se traduce en una notable reducción del ciclo de vida del producto, lo cual obliga a que las industrias nacionales optimicen sus procesos, para poder desarrollar nuevos productos en periodos de tiempo mucho mas cortos y con el menor costo posible.

El sector de los electrodomésticos es uno de los más competitivos no sólo en Colombia sino a nivel mundial, concretamente en el caso de Industrias HACEB S.A. que es una compañía líder en el sector de electrodomésticos en Colombia, el proceso de desarrollo de un nuevo producto toma mucho tiempo, en gran parte debido a la demora para la obtención de prototipos en plástico o en lamina metálica y su siguiente aprobación, situación por la cual deben diseñarse nuevas estrategias enfocadas a disminuir y mejorar, el proceso de desarrollo de un nuevo producto en dicha compañía.

El presente artículo pretende reseñar brevemente una posible solución, para la fabricación rápida y económica de prototipos de embutición en lamina metálica, dentro de Industrias HACEB S.A., mediante la documentación, estudio y experimentación con técnicas para la fabricación rápida de herramental, conocidas como Rapid Tooling, con el fin de disminuir el tiempo y el costo para el desarrollo de un nuevo producto.

Cabe anotar que el concepto Rapid Tooling es poco conocido en nuestro medio por lo que no existe bibliografía adecuada respecto al tema.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los principales inconvenientes identificados dentro de Industrias HACEB S.A. en el proceso de desarrollo de un nuevo que involucre nuevos componentes de embutición en lámina metálica producto son:

1. El proceso de obtención de prototipos no es el adecuado, pues nunca se parte de archivos generados en programas CAD para fabricar un prototipo, sino que se parte de planos manuales para la construcción de prototipos en el taller de prototipos.
2. La fabricación manual de prototipos de embutición en lamina metálica, no garantiza ni las formas, ni las tolerancias, por lo cual el prototipo tiene mala apariencia y presenta problemas al momento del ensamble.
3. La mala apariencia del prototipo afecta el proceso de elaboración de planos provisionales, pues las piezas deben ser rediseñadas varias veces, para cumplir con las normas y estándares de la compañía.
4. Generalmente los planos provisionales, no detectan problemas en el proceso de fabricación, por lo cual, en el proceso de diseño de herramental para producción de nuevos componentes, se identifican mas problemas que generan nuevos rediseños.
5. Los prototipos están constantemente sometidos a re-diseños incluso en etapas tan avanzadas como la construcción de herramental, esta situación provoca que las herramientas que se encuentran recién terminadas, o que se están construyendo deban ser modificadas, incurriendo en mayores costos e inclusive posibles perdidas si estas no pueden ajustarse a los cambios requeridos.

Las situaciones anteriormente descritas generan grandes retrasos en la validación de nuevos productos o prototipos, además de considerables costos de fabricación y oportunidad por no salir rápido al mercado.

## 2. DEFINICIÓN DE LA TECNOLOGÍA

El Rapid Tooling o Fabricación Rápida de Herramental es un proceso basado en varias técnicas de Prototipaje Rápido, mediante el cual se pretende obtener herramientas funcionales para bajas series de productos, en cortos periodos de tiempo y a menor costo en comparación con los métodos tradicionales, estas herramientas son utilizadas para la producción de prototipos en materiales como: plástico, metal, siliconas, etc. (Planta@,1999).

Esta técnica se sustenta fundamentalmente en:

- Rapid Prototyping.
- CAD/CAM en 3D, generalmente modelado sólido.
- Integración de CAD/CAM y CNC.
- Evolución de las técnicas de mecanizado por desprendimiento de viruta (alta velocidad, láser, etc.).
- Nuevas técnicas de planificación y gestión del diseño y la producción.

El Rapid Tooling se podría clasificar, de una manera básica, a partir de tres posibles conceptos:

- a. Según el método de definición de la figura a construir
  - Concepto "Piel"
  - Concepto " Sólido"
- b. Según las etapas necesarias de creación de la figura.
  - Métodos Simples
  - Métodos Directos
  - Métodos Indirectos
  - Métodos Múltiples
- c. Según el material de las piezas obtenidas
  - Material y proceso definitivo
  - Material no definitivo en proceso diferente
  - Aunque el concepto Rapid Tooling toma fuerza a nivel mundial, debe tenerse en cuenta que es una tecnología en proceso de desarrollo por lo cual aun presenta varias desventajas y limitaciones.(Planta,1999).

### 3. TÉCNICAS APLICABLES A LA CONSTRUCCIÓN DE HERRAMIENTAS DE EMBUTICIÓN

#### 3.1 VACIADO DE RESINAS EPÓXICAS

Esta técnica implica el vaciado de un sistema de resinas epóxicas que consta de resina y endurecedor, sobre un modelo o patrón para obtener una o dos mitades de la herramienta (macho y hembra).

La construcción del molde se hace por vaciado de capas consecutivas dentro de las cuales, la primera capa se conoce como capa de contacto y las siguientes capas se conocen como baking y tienen como objetivo otorgar mayor rigidez a la herramienta (Ren Shape, 2001).

**FIGURA 1**  
**Proceso de vaciado**



**FIGURA 2**  
**Herramienta construida en resina**



El tiempo de fabricación o curado de cada una de las mitades de la herramienta depende exclusivamente del fabricante de la resina, pero este generalmente se encuentra entre 16 horas y tres días.

#### 3.2 VACIADO DE ALEACIONES METÁLICAS CON BAJO PUNTO DE FUSIÓN

Esta técnica utiliza el colado de una aleación reciclable de bismuto y estaño conocida como MCP 137, la cual funde exactamente a 138 °C, y se utiliza para producir moldes de embutición para bajas series de producción.(Cresta, 2003).

El proceso de fabricación de la herramienta mediante esta técnica es similar al proceso de vaciado en resina epóxicas, una vez esta aleación se encuentra totalmente fundida, es vaciada sobre un modelo preferiblemente de madera, aunque puede emplearse cualquier material como: yeso, lámina metálica o resina.

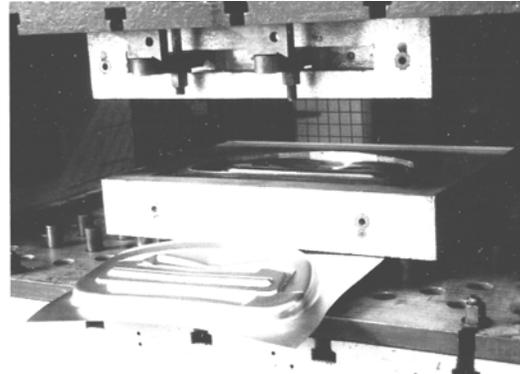
Para fabricar la herramienta caben dos posibilidades elaborar el negativo con arena de moldeo o colar la aleación directamente sobre el modelo.

Fabricar el negativo tiene la ventaja de que el modelo puede ser recuperado intacto, al igual que la arena de moldeo. Una vez obtenida la primera mitad, esta se recubre con un papel de cera autoadhesivo resistente a altas temperaturas, el cual tiene el espesor correspondiente al calibre que se desea embutir y se realiza un nuevo vaciado de aleación para producir la segunda mitad de la herramienta.(MCP, 1988).

**Figura 3**  
**Prototipo terminado**



**Figura 4**  
**Herramienta fabricada con mcp 137**



El tiempo total de fabricación de la herramienta oscila entre tres y cuatro días, la principal ventaja de esta técnica radica en el carácter reutilizable de la aleación, pues si por algún cambio de diseño necesita modificarse la herramienta, el material puede ser nuevamente fundido en muy poco tiempo para producir la nueva herramienta.

En general si se controlan bien los parámetros de fundición, no se depositan grandes cantidades de residuos sobre la masa fundida y no existen pérdidas por derrames, etc., el reciclado de la aleación sería eterno.

### **3.3 MAQUINADO CNC DE PANELES DE POLIURETANO DE ALTO IMPACTO**

Este proceso es similar al maquinado CNC de metales, solo que aquí el mecanizado se realiza sobre un bloque de poliuretano con alta resistencia al impacto, el proceso se hace a velocidades y avances mucho mayores que las empleadas para metales como el hierro y el acero.

**FIGURA 5**  
**Maquinado de un panel de poliuretano**



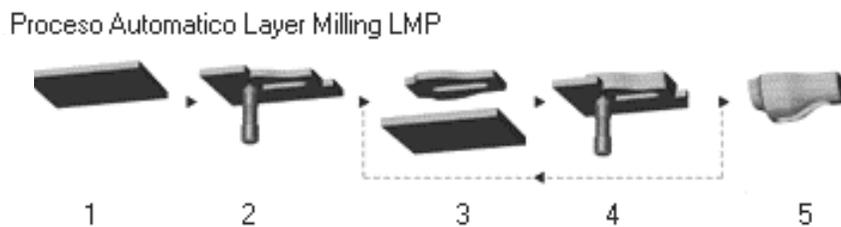
Una vez se ha generado el código de control numérico en un sistema CAM, este es “importado” al centro de mecanizado para comenzar el proceso de desbaste, debido a los elevados parámetros de corte, la fabricación de la primera mitad (macho o hembra) de la herramienta toma poco tiempo inclusive horas, además este proceso puede realizarse sin la necesidad de fluido de corte.

La otra mitad de la herramienta puede obtenerse por el mismo proceso, pero normalmente por razones de costos, esta se obtiene por vaciado de resinas epóxicas directamente sobre la mitad recién obtenida, en cuyo caso deberá emplearse una hora de cera autoadhesiva para simular el espesor que se desea embutir. (Ren shape, 2001).

### 3.4 LAYER MILLING

Esta técnica es el resultado de la unión de la técnica de prototipaje rápido conocida como Stratoconception, junto con los procesos de fresado y microfresado convencionales, aquí la manufactura de la herramienta se hace mediante la unión de varias laminas de gran espesor, las cuales según su forma representan una determinada sección transversal del objeto que se desea construir.

**FIGURA 6**  
**descripción básica del proceso Layer Milling**



1. Materia prima
2. Fresado del “al revés” de la lamina
3. Pegado de la segunda placa sobre la previa
4. Fresado de la segunda placa
5. Modelo construido mediante fresado placa por placa

Las láminas empleadas en esta técnica son generalmente de poliuretano o aluminio, la forma de cada lamina se obtiene por medio de fresado “al revés”, en donde la punta de la herramienta se encuentra orientada hacia arriba, lo cual hace que la viruta desprendida caiga por gravedad, una vez lograda la superficie se adiciona una nueva lamina y así, el proceso se repite hasta que la herramienta se encuentra lista. (Zimmermann, 2003). Las láminas utilizadas en este proceso son de espesor considerable (10 mm a 100 mm) y la unión de estas se lleva a cabo por medio de adhesivos especiales sensibles a la luz, por lo general este proceso se lleva a cabo en estaciones automatizadas de gran complejidad y costo.

La principal ventajas de al emplear esta técnica es que pueden obtenerse herramientas o prototipos de alta complejidad en muy poco tiempo.

### 3.5 LAMINATED LÁSER CUT CAVITIES (LLCC)

Este proceso involucra el corte sucesivo de varias capas en lámina metálica, para la construcción de herramientas de embutición, el corte se hace con la ayuda de un láser de CO2 y la unión de las distintas capas se hace por medio de adhesivos especiales o tornillos.

**FIGURA 7**  
**Corte láser de laminas metálicas**

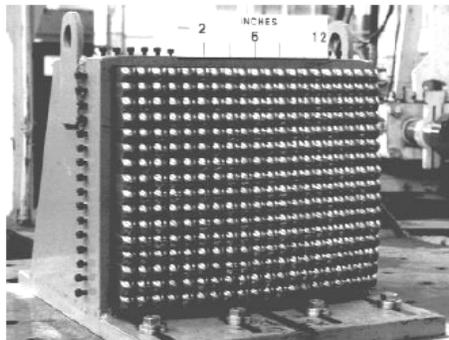


Una vez se obtienen las dos mitades del molde, son llevadas a una electroerosionadora, con el objetivo de homogenizar las superficies y así generar una bien definida línea de partición, por último estas mitades son integradas al resto de la estructura del molde para comenzar el proceso productivo (Crif, 2001).

### 3.6 RECONFIGURABLE TOOL

Esta técnica desarrolla el concepto de una herramienta reconfigurable. con el objetivo de fabricar variados prototipos de embutición, la herramienta consta básicamente de una matriz que soporta una serie de actuadores electro-mecánicos agrupados en módulos de 8 pines. Los cuales pueden cambiar de posición, según las ordenes de un computador central.(Papazian, 2002).

**FIGURA 8**  
**Herramienta reconfigurable de 366 módulos**



La principal ventaja del uso de esta técnica se encuentra su alta flexibilidad, pues puede ser empleada para la producción de una gran variedad de piezas, aunque su desarrollo implica grandes inversiones pues modulo es costoso.

## 4. SELECCIÓN DEL PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MOLDES DE EMBUTICIÓN

Una vez estudiadas las técnicas descritas anteriormente, se realizó un análisis cuantitativo para seleccionar la técnica de fabricación más adecuada, este análisis se hizo mediante algunos factores seleccionados por Industrias HACEB S.A.

- **Costo de Fabricación**

En este factor se consideran todos los aspectos relacionados con las inversiones necesarias, que se tendrían que efectuar para la implementación de cada una de estos procedimientos en Industrias HACEB S. A., pues dependiendo de las características de cada técnica, deben hacerse inversiones en la adquisición de materia prima, maquinaria, insumos, montaje, software, etc.

El peso asignado a este factor fue de 40%.

- **Grado de Capacitación**

Dentro de este aspecto, se tiene en cuenta el nivel de complejidad que requiere el manejo de una determinada técnica en nuestro medio, dado que algunas de las técnicas anteriores, presentan como requisito excelentes conocimientos en los campos: tecnológico, mecánico, informático, etc. para su buen desempeño.

El peso asignado a este aspecto fue de 20%.

- **Complejidad**

El factor complejidad involucra esencialmente la geometría, el material y el espesor de la pieza que se esta en capacidad de fabricar, puesto que dependiendo del grado de dificultad que el prototipo presente, se debe analizar cual será la técnica más adecuada para la producción del molde para prototipos, según sus ventajas y limitaciones.

El peso otorgado a este factor fue de 20%.

- **Tiempo de Fabricación (Lead Time)**

Este concepto evalúa el tiempo promedio en el cual se presupuesta tener la herramienta lista para trabajar, esta evaluación involucra el proceso de consecución de materias primas e insumos necesarios, partiendo de la base de que la maquinaria necesaria se encuentra a disposición. De igual manera en este concepto se involucran los tiempos de diseño y programación presupuestados para la fabricación del molde.

El peso otorgado a este concepto fue de 20%.

A continuación se muestra la tabla de calificación utilizada para evaluar cada una de las técnicas estudiadas.

**TABLA 1**  
**Evaluación cuantitativa de las técnicas estudiadas**

Técnica	Factor Costo de Fabricación	Peso	Factor Grado de Capacitación	Peso	Factor Complejidad	Peso	Factor Tiempo de Fabricación	Peso	Calificación Total
Vaciado de Resinas Epóxicas	5	40%	5	20%	5	20%	4	20%	4.8
Maquinado de Paneles de Poliuretano	3	40%	5	20%	5	20%	5	20%	4.2
Vaciado de Aleaciones con Bajo Punto de Fusión	3	40%	4.5	20%	5	20%	4	20%	3.9
Layer Milling	1	40%	3	20%	2	20%	3	20%	2.0
Laminated Láser Cut Cavities	1	40%	2	20%	2	20%	2	20%	1.6
Reconfigurable Tooling Technology	1	40%	1	20%	1	20%	1	20%	1.0

**FUENTE:** Elaboración propia.

Como puede observarse en la tabla anterior, el método mas apropiado para la construcción del molde de prototipos según las condiciones actual de industrias HACEB S.A., es: Vaciado de resinas epóxicas.

## 5. CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE DE EMBUTICIÓN A BASE DE RESINAS EPÓXICAS

Las etapas respectivas para la construcción del molde de embutición fueron:

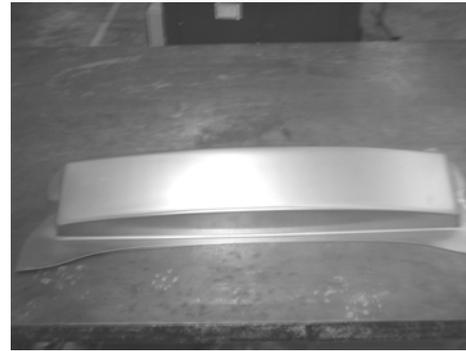
- Definición de la Pieza Prototipo a Fabricar:
- Búsqueda y Selección de Proveedores y Materiales
- Diseño del Molde de Embutición
- Fabricación del Molde

A continuación se muestra el molde prototipo obtenido para una de las piezas de la cocina Haceb conocida como “Tapa Suiche”, junto con una de los prototipos obtenidos:

**FIGURA 9**  
**Macho fabricado en resina**



**FIGURA 10**  
**Prototipo obtenido**



El proceso de vaciado tomo aproximadamente 4 horas y el tiempo de curado para esta herramienta fue de 24 horas, después de las cuales se hizo el desmolde del macho y se ensambló al resto de la estructura del molde para integrarse al proceso productivo.

### 5.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MÉTODO EMPLEADO

Esta herramienta de embutición tuvo una producción aproximada de 2050 piezas después de las cuales, tuvo que ser retirada del proceso productivo debido a que sufrió una fisura en uno de sus extremos. A continuación se listan las ventajas y desventajas más significativas encontradas al emplear este método para la fabricación de herramientas de embutición.

#### 5.1.1 Ventajas

- **Costo de Fabricación**

En este caso el molde fabricado mediante esta técnica basada en el concepto Rapid Tooling, fue menos costoso en comparación con lo presupuestado para el acero 1045, lo cual representa una gran ventaja a la hora de fabricar y validar prototipos de embutición, puesto que muchas veces los cambios de diseño, implican modificaciones costosas e incluso la pérdida total del molde fabricado.

- **Tiempo de Fabricación**

El tiempo para la obtención del molde es considerablemente bajo en comparación con el método actual, debido a que una vez se tiene listo el modelo o patrón que se desea copiar, el proceso de vaciado, curado y desmolde de la herramienta, toma aproximadamente 48 horas, situación extremadamente favorable para la obtención rápida de prototipos.

- **Calidad de la Pieza Obtenida**

Este aspecto es fundamental en la validación de prototipos, puesto que al utilizar este método directo de fabricación, las piezas obtenidas son de material y proceso definitivo, por lo cual la verificación de apariencia y funcionalidad de la pieza es mucho más precisa (Planta, 1999).

- **Fácil Manejo**

El empleo de esta técnica para la fabricación de herramientas de embutición, no presenta mayores dificultades técnicas, por lo cual puede ser realizado por cualquier miembro del taller de moldes y troqueles, sin necesidad de conocimientos o habilidades avanzadas.

## 5.2.2 Desventajas

- **Necesidad de un Modelo**

Una de las principales desventajas de esta técnica, radica en la obtención del modelo o patrón sobre el cual se desea realizar el vaciado, pues la calidad de este modelo debe ser excepcional, porque cualquier defecto será copiado fielmente por la resina, obteniendo así una herramienta deficiente sino se cuenta con un modelo idóneo.

Desafortunadamente en nuestro país el problema se vuelve mas critico, puesto que para la creación de la segunda mitad de la herramienta, generalmente debe hacerse con al ayuda con papeles de cera autoadhesiva, para crear el espesor de la pieza que se desea embutir, debido a la falta de proveedores nacionales de este tipo de papeles, muchas veces no pueden utilizarse modelos ya fabricados y tienen que construirse cavidades como en el caso anterior.

- **No Reutilizable**

Una vez construida la herramienta mediante esta técnica, los materiales no pueden ser reciclados para producir una nueva herramienta, además el maquinado posterior de estas resinas no es recomendable porque el material tiende a fracturarse.

## 6. CONCLUSIONES

- La fabricación de herramientas para la producción de prototipos o bajas series de producción, mediante la experimentación y el uso de técnicas basadas en el concepto Rapid Tooling, presenta varias ventajas en el proceso de desarrollo de nuevos productos, entre las que se encuentran: tiempos de fabricación mas cortos, menores costos de producción, y reducciones sustanciales en los tiempos de aprobación de prototipos.
- El Rapid Tooling se perfila como una de las herramientas más adecuadas, no solo en la producción económica de prototipos y bajos volúmenes, sino también como medio eficaz para el diseño y validación de moldes y troqueles definitivos.
- La buena calidad de los prototipos obtenidos mediante herramientas construidas a base de métodos directos de Rapid Tooling, otorga mayor confiabilidad al proceso de validación de nuevas partes o componentes, puesto que los prototipos obtenidos presentan todas las características de la pieza definitiva en cuanto a material, apariencia y proceso de fabricación.
- Las técnicas de Rapid Tooling mas adecuadas para su posible implementación, como parte del proceso de fabricación de moldes de embutición, orientados a bajas series de producción dentro de Industrias HACEB S.A., son específicamente : Vaciado a base de resinas epóxicas, maquinado CNC de paneles de alto impacto a base poliuretano y vaciado de aleaciones metálicas con bajo punto de fusión (MCP 137)
- De las técnicas anteriores la que presenta mayor versatilidad, en la construcción de moldes de embutición para bajas series de producción, es la técnica “vaciado de aleaciones de bajo punto de fusión (MCP 137)”, esto debido a que el carácter reutilizable de esta aleación, permite la construcción de un sin numero de herramientas de embutición de todo tipo, sin incurrir en mayores costos por la adquisición de materia prima.
- El proceso de desarrollo y el posterior comportamiento del molde de embutición, fabricado mediante el vaciado de resinas epóxicas dentro del proceso productivo de Industrias HACEB S.A., fue satisfactorio pues se lograron todos los objetivos planteados por la compañía los cuales fueron: experimentación de la técnica, fabricación rápida y económica de la herramienta, puesta en operación, obtención exitosa de prototipos de embutición en lamina metálica, y análisis de resultados.
- Existen otras técnicas de Rapid Tooling que son perfectamente aplicables, a otros procesos industriales que maneja Industrias HACEB S. A. como lo son: la construcción rápida de moldes de inyección y termoformado.
- El uso frecuente de técnicas de Rapid Tooling para la fabricación rápida de herramientas funcionales, para la producción de prototipos y pequeños volúmenes de producción, es una alternativa para acelerar y mejorar los procesos de diseño y validación, de nuevos productos dentro de Industrias HACEB S.A.
- Las principales barreras para la implementación de la mayoría de las técnicas de Rapid Tooling en Colombia, son: elevados montos de inversión, ausencia de centros tecnológicos o universitarios que motiven la investigación y el desarrollo en este campo, desconocimiento generalizado de esta metodología y ausencia de proveedores de tecnología y materiales, que permitan experimentar con este tipo de técnicas.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Experiences Using Rapid Prototyping Techniques To Manufacture Sheet Metal Forming Tools [En línea] [http://www.biba.unibremen.de/groups/rp/Download/RPT\\_Sheet\\_Metal\\_Forming.pdf](http://www.biba.unibremen.de/groups/rp/Download/RPT_Sheet_Metal_Forming.pdf) (2000) Bremen, Alemania.

(Cresta, 2003), Juan J Cresta, Departamento Comercial MCP Iberia, Entrevistas escritas y telefónicas realizadas entre Agosto y Septiembre de 2003, Coslada (Madrid) España.

(Crif, 2002), New Technology for the Manufacturing of Large Prototype Injection Moulds [En Línea]. [http://129.69.86.144/raptec/outco/process\\_chains/directinjection/llcc.html](http://129.69.86.144/raptec/outco/process_chains/directinjection/llcc.html) (2001). Liege, (Bélgica).

Low Cost Sheet Metal Forming Tools With MCP Alloys [En línea] <http://www.mcp-group.com/pt/rptsheet.html> (2002), Londres Inglaterra.

(MCP, 1988), Folleto: Herramientas Para Embuticiones Confeccionadas con Aleaciones de Bajo Punto de Fusión MCP, 1988, Madrid (España).

Metalforming [En línea] <http://www.mfcomposites.com/metal2.htm> (2001), Michigan (USA).

(Papazian, 2002), Tooling for Rapid Sheet Metal Parts Production, [En Línea] [http://www.galaxyscientific.com/agingaircraft2002/SESSIONS/7/7B4\\_PAPAZIAN\\_DOC.PDF](http://www.galaxyscientific.com/agingaircraft2002/SESSIONS/7/7B4_PAPAZIAN_DOC.PDF), (2002), USA.

Rapid Manufacturing: The Technologies and Applications of Rapid Prototyping and Rapid Tooling, Londres 2001, Pág. 1 .

(Ren Shape, 2001), Folleto: Metalforming With Rapid Tooling Systems, (2001), Michigan (USA).

Rapid Tooling is not the Future, It is Today, [En Línea] [http://www.atirapid.com/news/ar\\_rt\\_today.html](http://www.atirapid.com/news/ar_rt_today.html) (2000), Agustín, Texas (USA).

(Planta, 1999), Las Nuevas Técnicas de Fabricación de Utillajes, [En Línea] <http://www.metalunivers.com/1pm/Pm00/m00s3001.htm>, (1999), Cataluña (España).

(Zimmermann, 2003), LMC Process, [En Línea]. <http://f-zimmermann.com/en/fzimmermann.html> (2003), Denkendorf, Alemania.



# INVENTARIO DE APLICACIONES DEL ALGORITMO DE BÚSQUEDA ALEATORIA PARA LA SECUENCIACIÓN DE TRABAJOS

ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN - 2003  
PROYECTO DE GRADO - UNIVERSIDAD EAFIT

## AUTOR

ELIZABETH ARANGO ARANGO. [earangoa@eafit.edu.co](mailto:earangoa@eafit.edu.co)

## ÁREA DE ÉNFASIS

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

## ASESOR

Ing. JAIRO MAYA TORO. [jmaya@eafit.edu.co](mailto:jmaya@eafit.edu.co)



## RESUMEN

El principal inconveniente que se presenta en la adquisición de la información de un problema de scheduling en una empresa, es el desconocimiento de la forma en que debe ser clasificada y organizada la información del proceso, a fin de permitir su adecuada automatización, por lo que es necesario usar alguna herramienta que facilite esta labor y asegure la eliminación de los errores por mala información. En este artículo se muestra de una manera sencilla, cómo por medio del uso de un formato esto se puede lograr.



## ABSTRACT

The main inconvenience that has the acquisition of the information of a scheduling problem in a company, is that people don't know how the information of the process should be classified and organized, for that reason is necessary to use some tool that facilitates this work and assure the elimination of the errors for bad information. This article shows in a simple way, how with a format this is possible.



## PALABRAS CLAVES

Algoritmo de búsqueda aleatoria, job shop, scheduling.



## KEYWORDS

Job shop, scheduling, random search algorithm.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente en la Universidad EAFIT, se está desarrollando un software denominado Arquímedes, en el cual se utiliza con buenos resultados el algoritmo de búsqueda aleatoria para resolver el problema de Scheduling, sin embargo, a pesar de haber eliminado la totalidad de los supuestos planteados en la literatura que hacen los otros métodos inadecuados para la industria (ver artículo en Revista EAFIT número 131), todavía existen restricciones y tipos de setup que aparentan ser particulares para cada empresa, razón por la cual se decidió crear un proyecto de grado denominado algoritmo de búsqueda aleatoria en la región factible, inventario de aplicaciones; en donde se analizarían profundamente 5 casos reales diferentes, a fin de determinar hasta qué punto es posible realizar la generalización del software y en qué forma se resolverá las particularidades de cada empresa.

En el presente artículo el lector podrá encontrar los resultados más importantes obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

### **ALGORITMO DE BÚSQUEDA ALEATORIA EN LA REGIÓN FACTIBLE**

El algoritmo de búsqueda aleatoria, tiene sus orígenes en el instituto de electrónica y computadoras en Rigan, allí en 1960; Leonard A. Rastringin, un estudiante de ingeniería nacido en Rusia, introdujo un algoritmo del tipo de búsqueda aleatoria, cuando estaba realizando una investigación sobre la optimización de un problema particular; desde ese momento se han venido desarrollando numerosos estudios sobre el tema, encontrándole aplicaciones del algoritmo en diversas áreas.

Su uso ha estado enmarcado por una serie de factores, algunos han permitido que éste tenga una muy buena acogida, siendo ellos: el aumento de la velocidad de procesamiento en las computadoras y la variedad y facilidad de manejo de los programas utilizados para realizar el algoritmo. Sin embargo, aún por el desconocimiento de estos programas, mucha gente no opta por tomarlo como una alternativa para solucionar un problema determinado, debido a que piensan que es muy complicado su manejo.

Este algoritmo puede ser usado para resolver problemas rutinarios que demanden una gran cantidad de tiempo para ser resueltos; un ejemplo, son los problemas de scheduling; usando el algoritmo, se pueden analizar las posibles formas de realizar los trabajos o actividades, enmarcadas éstas por la función o funciones objetivos que se desean alcanzar y las restricciones del problema, permitiendo así evaluar un considerable número de alternativas pudiéndose encontrar una muy buena solución al problema.

Para los ingenieros de producción, conocer este método, es de gran importancia, ya que constantemente se ven enfrentados a dar solución a problemas de gran complejidad, en los que se presentan muchas alternativas; por ejemplo, la programación de producción de una serie de trabajos en un grupo de máquinas; en este caso se pueden tener cientos, miles o en algunos casos millones de formas de realizar la secuenciación de los trabajos, siendo unas mejores que otras, por lo que es necesario determinar cuáles de ellas proporcionan los resultados más beneficiosos; presentándose el algoritmo como una alternativa para darle respuesta a este requerimiento.

Desarrollando el proyecto se vio, que son muchos los beneficios que se pueden obtener con su uso y muchas las empresas en las que se puede aplicar; pudiéndose notar que hay un amplio campo para trabajar en esta área.

A continuación, se dan a conocer algunos aportes en el planteamiento del problema y en el proceso de adquisición de la información, que tuvieron lugar durante el desarrollo del proyecto.

## **ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL PLANTEAMIENTO DE LOS PROBLEMAS**

Cuando se va a plantear un problema de secuenciación de trabajos, se debe partir de un adecuado conocimiento del sistema en el que éste se presenta, para ello es necesario conocer como está compuesto, que variables influyen sobre él y como se relacionan todos los elementos del sistema entre si; además, se debe establecer claramente cual es el objetivo u objetivos que se desean alcanzar. La definición de estos objetivos debe ser lo más clara posible, ya que a partir de ellos se va a orientar el planteamiento del problema, dependiendo en buena parte el éxito de una futura solución.

Para observar el impacto que trae una adecuada definición, se plantea un ejemplo; si se le indica a una persona que realice un programa para que en una impresora se minimice el tiempo de cambio de referencia, debido a los colores involucrados en los trabajos, teniendo en cuenta que hay bandejas que son reutilizables; la persona puede realizar un programa en el cual si los dos trabajos tienen entre sus colores algunos con el mismo color y tono, esas bandejas se consideran como reutilizables. Sin embargo para la empresa, una bandeja es reutilizable si el color que se va a poner en ella es igual al que se tiene y posee un tono mayor o igual que éste; esta leve variación, puede alterar la solución en gran medida sólo por falta de definición.

Otro aspecto a resaltar en el manejo de las funciones objetivo, es que en la mayoría de las empresas cuando se desea resolver un problema, generalmente se quieren cumplir varias funciones objetivo al mismo tiempo, muchas de ellas contradictorias entre si; por lo que se debe buscar un equilibrio. Un caso, se puede ver en una empresa que quiera reducir los cambios de referencia y el costo de éste, lo que hace que produzca lotes grandes, pudiéndose aumentar el incumplimiento en las entrega. Con el algoritmo se puede buscar un equilibrio entre estos aspectos que proporcione los mejores beneficios.

Con la información sobre el sistema y la determinación de las funciones objetivo, se cuenta con un buen conocimiento sobre la situación, por medio de este conocimiento se puede establecer que tan compleja es la situación. Si es de gran complejidad, el problema se divide en problemas más pequeños, ya que es más fácil manejar varios problemas de baja complejidad, que un sólo problema que sea prácticamente inmanejable. Si el problema no es complejo, se puede atacar como un todo y se empiezan a determinar cuales van a hacer las piezas claves del rompecabezas; para ello se debe analizar muy bien la información que se posee.

En este análisis, se determina que información va a ser usada para plantear el problema; ya que una parte de la que se tiene puede ser irrelevante para los propósitos que se quiere alcanzar; o lo que aporta no se compensa con el manejo que debe realizársele, por ejemplo tener en cuenta en el tiempo de cambio de referencia, un cambio de 1 minuto, de un recurso que posee disponibilidad inmediata cuando se requiera, sabiendo que en promedio el tiempo de cambio de referencia total dura de 2 a 3 horas no es importante; tener en cuenta este tiempo complica el problema innecesariamente ya que 1 minuto no es un tiempo que alteraría la solución, debido a que puede ser absorbido por la aleatoriedad a la que están expuestos todos los sistemas.

Dentro de la clasificación de la información, también se debe determinar qué restricciones son las encargadas de delimitar las posibles alternativas que se pueden tener para darle solución a un problema; de su buena selección depende en gran medida el éxito de la solución que se genere; siguiendo con el caso de la impresora, si se determina que el cambio de referencia va a estar basado en el tiempo de cambio de los colores y se olvida que un tiempo muy considerable se requiere si se va a pasar de imprimir en un sólo lado a imprimir en ambos lados; cuando se realice la programación y se determine que una producción se demora por ejemplo 28 horas y se tardó en realidad 36 horas, se puede pensar que el programa no sirve, pero en realidad es la falta de una restricción de gran peso en el sistema, la que alteró el resultado; es de allí que se insista tanto en que se debe tener una información completa sobre los problemas; lo cual muchas veces es complicado debido al desconocimiento que se tiene en las empresas de sus procesos y por ende de sus problemas, convirtiéndose esto en la principal barrera para la solución.

Cuando se está planteando un problema de secuenciación de trabajos la parte más difícil de manejar son los cambios de referencia, debido a los recursos y otros elementos que deben controlarse para garantizar una buena eficiencia; generalmente una adecuada secuenciación en los trabajos cuyo tiempo de cambio de referencia depende de los trabajos involucrados es la clave de una buena programación, ya que esto permite minimizar los tiempos y los costos.

Muchas veces se piensa que sólo los recursos son los que generan tiempo y costo de cambio de referencia, pero como se mencionó hay otros elementos, como por ejemplo, el color en impresión que aunque no es un recurso tiene un gran peso en la asignación de la secuencia, debido al tiempo y costo que se incurre por él. Vale la pena aclarar que el tiempo que se demora el cambio de referencia no es proporcional al costo, por ejemplo un tiempo de cambio de referencia puede tardar 2 minutos y tener un costo de 30000 pesos y uno que se demore 15 minutos tener un costo de 25000 pesos.

Se puede ver con todo lo antes dicho, que cuando se está realizando el planteamiento es factible diseñar múltiples alternativas; ya que el problema está sujeto a una serie de condiciones las cuales pueden ser manejadas de diferentes formas, es de allí que se creen múltiples caminos para plantear un problema; probablemente unos con mejores resultados que otros o con resultados muy similares; por lo que a un problema particular se le pueden asociar varias soluciones.

Mucha gente se preguntará cuanto tiempo debe invertir una persona para obtener un planteamiento adecuado, si un día, una semana, un mes,...; en realidad; este tiempo debe ser el suficiente para garantizar que se tiene un planteamiento que oriente la solución al éxito, ya que éste va a constituir la base de la solución.

Ya teniendo definidos los objetivos y la información que va a ser relevante para el problema, se inicia el planteamiento, las personas generalmente diseñan una notación propia para plantear cada problema, lo que facilita el planteamiento, pero al realizar la solución ésta sólo será aplicable a ese problema en particular, indicando así que para la solución de cada problema, se debe diseñar un algoritmo; no siendo muy eficiente la medida, ya que reflejaría que para cada problema existente, se debería diseñar una solución particular; y lo que se debe pretender es crear soluciones generales aplicables a casos particulares.

Al analizar que medidas se pueden tomar para realizar planteamientos que permitan ser usados para crear soluciones generales, se determinó que un primer paso para ello es buscar una notación general, para realizar su diseño, se analizaron aspectos comunes que se presentaran en los diferentes problemas, teniendo que según ciertas características, por ejemplo, el sistema productivo que se maneja, se podían encontrar elementos comunes, que podían ser generalizados, sin embargo aún se estaba muy lejos de una notación general, ya que aspectos tan propios de cada problema como los recursos, se presentaba como barrera en este proceso; dicha barrera se pudo derrumbar analizando el comportamiento de estos en el sistema, identificándose que no hay un sólo tipo, sino 2, y que ellos deben ser tratados en forma diferente; estos son: los recursos compartidos y los recursos propios.

Los recursos compartidos se caracterizan por poder ser usados en varias máquinas, disponiéndose de una determinada cantidad de ellos; éstos pueden requerir tiempo de cambio de referencia para ser usados o dejar de usarlos y su disponibilidad en un momento determinado depende de si están siendo utilizados en otras máquinas. Los recursos propios pertenecen a una sola máquina, tienen disponibilidad inmediata y pueden o no generar tiempo de cambio de referencia. Al realizar esta clasificación el camino a la notación generalizada se facilitó en gran medida.

Con este manejo de los recursos, ya todos los componentes del sistema poseen una notación general, sin embargo esto no es suficiente; se deben organizar y manejar según el tipo que sean, para ello en el proyecto se determinaron los siguientes tipos: datos generales, datos de entrada, datos calculados y funciones objetivos.

En los datos generales se establece el total de máquinas que se tienen, el número de estaciones, la cantidad de máquinas por estación, se determinan los recursos propios y compartidos con los que se cuenta, se especifica cuantos modelos de dichos recursos se tienen, en que cantidades y en que máquinas pueden ser usados y se establecen los tiempos de cambio de referencia que tengan un tiempo fijo.

En los datos de entrada se establece, la cantidad de trabajos por realizar, la fecha de vencimiento, la prioridad, la ruta, las máquinas que se pueden utilizar en cada estación para realizar cada trabajo, el estado inicial de las máquinas y el tiempo de procesamiento. Estos datos son ingresados por la persona que programe la producción.

En los datos calculados se determina la disponibilidad de los recursos, el tiempo de inicio y de terminación de los trabajos en una estación, el tiempo de retraso y el costo del cambio de referencia. En las funciones objetivo se determinan las metas que se desean alcanzar.

La forma de manejar estos tipos de información (datos generales, datos de entrada, datos calculados y funciones objetivos) puede sufrir una variación de un problema a otro, en virtud de mejorar el desempeño de la futura solución; por ejemplo, cuando la cantidad de referencias que se tiene es relativamente poca, se pueden tener algunos de los datos clasificados como datos de entrada anteriormente en bases de datos, en datos generales, facilitándose así el proceso de ingreso de la información. Estas variaciones son leves y no afectan mucho la estructura en sí del planteamiento.

## ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA ADQUISICIÓN DE LA INFORMACIÓN

Como se mencionó anteriormente la comunicación es fundamental cuando se está trabajando en el planteamiento de un problema; pero establecer una adecuada con la persona que es el enlace con la empresa es muy complicado; esto hizo que surgiera la necesidad de contar con un mecanismo que permitiera mejorar dicha comunicación.

Como resultado de esta necesidad se diseñó un formato basado en las experiencias vividas en el desarrollo del proyecto para la programación de producción (secuenciación de trabajos) de sistemas de flujo en línea y al taller, solamente se trabaja con estos sistemas ya que de ellos se contaba con buenos elementos para realizar el diseño.

Se va a mostrar un ejemplo de un problema de secuenciación de trabajos y se va a diligenciar el formulario.

Problema: en una empresa que realiza bolsas plásticas se desea minimizar el tiempo necesario para realizar los trabajos, el costo de los cambios de referencia y los retrasos; estando en orden de importancia. La empresa maneja prioridades y fechas de vencimiento para sus trabajos. Para realizar su proceso productivo la cuenta con 2 extrusoras y 3 selladoras; en la estación de extrusión se tiene un recurso compartido denominado TC del cual sólo se dispone de un modelo 1 en una cantidad de una unidad, este recurso puede ser usado en ambas extrusoras; y un recurso propio denominado B, teniendo 5 modelos; en la extrusora 1, se utilizan los modelos 1, 2 y 3; y en la extrusora 2 se utilizan los modelos 4 y 5. En el proceso de sellado se cuenta con un recurso compartido denominado D, del cual se tienen 2 modelos, del modelo 1 se tienen 2 unidades pudiéndose usar en la selladora 1 y 2 y del modelo 2 se tiene una unidad, pudiéndose usar en las selladoras 2 y 3.

El tiempo de cambio de referencia que se genera en extrusión, está dado por el cambio de color y del recurso B; si el color es diferente se genera un cambio de 2 horas, y si es necesario cambiar el recurso B se requiere de 1 hora; si es necesario cambiar los dos se requiere de 3 horas. En sellado no se genera tiempo de cambio de referencia.

El costo de cambio de referencia es de gran importancia en extrusión en sellado es irrelevante, en extrusión cada vez que se cambia sólo de color se tiene un costo de 30.000 pesos, si se cambia sólo de boquilla se tiene un costo de 25.000 pesos y si se cambian los dos de 45.000 pesos.

La empresa vende tanto productos que solamente han sido extruídos o productos que son extruidos y sellados; como son muchas referencias, la selección de las máquinas en las que se puede hacer el trabajo va a ser un dato de entrada.

La información del problema no pertenece a un caso real, simplemente es información diseñada para ilustrar la forma de realizar la recopilación de la información

**TABLA 1**  
**Formato para la adquisición de la información**

<b>FORMATO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS</b>						
<b>DATOS GENERALES DEL SISTEMA</b>						
<b># máquinas que se tiene</b>		5		<b># estaciones que se tiene</b>		2
<b>Nombre de la estación</b>	<b># Máquinas</b>	<b>Recursos compartidos (RC)</b>	<b>Modelos de RC</b>	<b>Cantidad de cada modelo</b>	<b>Recursos Propios (RP)</b>	<b>Modelos de RP</b>
Extrusión	2	TC	1	1	B	5
Sellado	3	D	2	Modelo 1: 2 Modelo 2: 1	-	
<b>RESTRICCIONES DEL USO DE RECURSOS</b>						
<b>RECURSOS COMPARTIDOS</b>						
<b>Nombre de la estación</b>	<b>Máquina</b>	<b>Recurso</b>	<b>Modelo del recurso</b>			
Extrusión	Extrusora 1	TC	1			
Extrusión	Extrusora 2	TC	1			
Sellado	Selladora 1	D	1			
Sellado	Selladora 2	D	1,2			
Sellado	Selladora 3	D	2			
<b>RECURSOS PROPIOS</b>						
<b>Nombre de la estación</b>	<b>Máquina</b>	<b>Recurso</b>	<b>Modelo del recurso</b>			
Extrusión	Extrusora 1	B	1,2,3			
Extrusión	Extrusora 2	B	4,5			
<b>RESTRICCIÓN DE TRABAJOS SEGÚN LA MÁQUINA</b>						
Si se va a tener en bases de datos la información sobre los trabajos, se diligencia la siguiente información, sino no se diligencia.						
<b>Trabajo</b>	<b>Máquina</b>	<b>Tiempo de procesamiento</b>				
<b>TIEMPO DE CAMBIO DE REFERENCIA</b>						
<b>Recursos</b>			<b>Tiempo de cambio</b>			
Boquilla			1 hora			
<b>TIEMPO DE CAMBIO GENERADO POR OTROS ELEMENTOS</b>						
<b>Estación</b>	<b>Elemento</b>		<b>Tiempo de cambio</b>			
Extrusión	Color		2 horas			

<b>COSTO DE CAMBIO DE REFERENCIA</b>					
Es de gran importancia el costo de cambio de referencia				Si	No
Si marcó si, determine cuales son los elementos o recursos que generan costo y especifique su valor.					
<b>Estación</b>	<b>Recurso o elemento</b>			<b>Costo</b>	
Extrusión	Color			30.000	
Extrusión	B			25000	
Extrusión	Color y B			45000	
Tienen prioridad los pedidos	Si	No	Se manejan fechas de vencimiento	Si	No
<b>RUTAS QUE PUEDEN SEGUIR LOS TRABAJOS</b>					
Pueden los trabajos seguir varias rutas			Si	No	
Escriba las rutas o ruta que siguen los trabajos, por medio de las estaciones					
Ruta 1: Extrusión					
Ruta 2: Extrusión- sellado					
<b>OBJETIVOS A ALCANZAR</b>					
<b>Objetivos a alcanzar</b>			<b>Importancia de 1-10</b>		
Minimizar tiempo para realizar los trabajos			10		
Minimizar costo			8		
Minimizar retrasos			6		

## CONCLUSIONES

Cuando se desea resolver un problema se presentan una gran cantidad de alternativas, entre ellas el algoritmo de búsqueda aleatoria, por medio del cual se le puede encontrar una solución muy buena a problemas complejos.

La adquisición de la información es una etapa que demanda gran cantidad de tiempo para ser realizada, además de ello, es una pieza fundamental para asegurar una buena solución, por lo que debe asegurarse el uso de un método adecuado que permita lograr buenos resultados; para ello los formatos estandarizados según el tipo de problema que se tenga, se presenta como una buena alternativa.

Otro aspecto base para la solución, es el adecuado planteamiento de los problemas, por lo que se deben tener presente unas series de consideraciones que se expusieron con anterioridad, además de ello se debe buscar encontrar notaciones generales para plantear los casos; buscando así dar un primer paso para diseñar soluciones generales, aplicables a casos particulares.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Pinedo, Michael. CHAO Xiuli (1999). Operations scheduling with applications in manufacturing and service. Irwin McGraw-Hill. 632 p.
- Tarassenko, George S. (1985). Stochastic optimization in the Soviet Union: random search algorithms. DELPHIC associates. 161 p.
- Alcazar, Javier. Maroto, Concepción. Ruiz, Rubén. (2002) Investigación operativa: modelos y técnicas de optimización. 848 p.
- De los santos, Domingo. Algoritmos computacionales. [online]. 1998.[Fecha de la cita 21 de Abril de 2003]. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos11/alcom/alcom2.shtml#bu> .



# DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN EN MICROSOFT VISUAL BASIC PARA PROGRAMACIÓN DE LAS OPERACIONES EN PRODUCCIÓN

ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN - 2003  
PROYECTO DE GRADO - UNIVERSIDAD EAFIT

## AUTOR

EMIRSON OBANDO AGUDELO

## ÁREA DE ÉNFASIS

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

## ASESOR

Ing. RICARDO URIBE. [ruribe@eafit.edu.co](mailto:ruribe@eafit.edu.co)



## RESUMEN

En este artículo se trabaja el problema de la programación de las operaciones en producción y se presenta como solución el desarrollo de una aplicación para Microsoft Excel mediante programación en Visual Basic que permita escoger entre diferentes algoritmos para los principales modelos del proceso productivo o flujo de trabajo; esta aplicación servirá como material de apoyo para los estudiantes del curso de programación en la especialización en producción de la Universidad EAFIT.



## ABSTRACT

In this paper the programming operations in production problem is analyzed and it is presented the development of an application for Microsoft Excel means programming in Visual Basic like a solution, that allows to choose among different algorithms for the main models of the productive process or work flow; this application will be good as support material for the students of the programming course in the specialization in production of the University Eafit.



## PALABRAS CLAVES

Layout, algoritmo, recursos, trabajos, programa..



## KEYWORDS

Layout, algorithm, resources, works, scheduling.



## INTRODUCCIÓN

La función de la manufactura es convertir los insumos en productos haciendo un adecuado uso de los materiales, maquinas, mano de obra y otros recursos de la empresa de cuyo eficiente manejo depende la efectividad de la organización y el alcance de la rentabilidad a través de la productividad.

En esta búsqueda de la productividad existen muchos factores a considerar que inciden directamente en el desempeño de las organizaciones productivas, factores internos y externos que es necesario gestionar para conducir las empresas al éxito. Uno de estos factores críticos es la programación de las actividades de producción; entendiendo programar como “Proceso de organizar, elegir y dar tiempo al uso de recursos para llevar a cabo todas las actividades necesarias para producir las salidas deseadas en los tiempos deseados, satisfaciendo a la vez un gran número de restricciones de tiempo y de relaciones entre las actividades y los recursos<sup>1</sup>.”

Toda actividad humana esta inmersa en la dimensión del tiempo, recurso invaluable cuya utilización puede establecer la diferencia entre las empresas que tienen éxito y las que fracasan. El acceso a herramientas informáticas que permitan un mejor uso del tiempo se convierte entonces en un factor diferenciador en el mercado. La universidad consciente de ello se hace partícipe en la investigación, desarrollo y promoción de estas aplicaciones de software.

### DESARROLLO DEL TRABAJO

El desarrollo de este trabajo se realizó en tres etapas principales, en la primera se realizo una extensa revisión bibliografica para puntualizar las características de los flujos de trabajo para el caso de una máquina, máquinas paralelas, Job Shop y Flow Shop; en la segunda se seleccionaron los algoritmos para ser incluidos en la aplicación. Para hacer esta selección se consideraron las notas del curso de programación de la producción de la especialización de la universidad Eafit, por último se desarrolló la aplicación.

### CARACTERIZACIÓN DE LOS FLUJOS PRODUCTIVOS

El proceso de producción de bienes se lleva a cabo en la planta de producción, que debe estar diseñada para facilitar la obtención de los productos a partir de la conversión de los insumos.

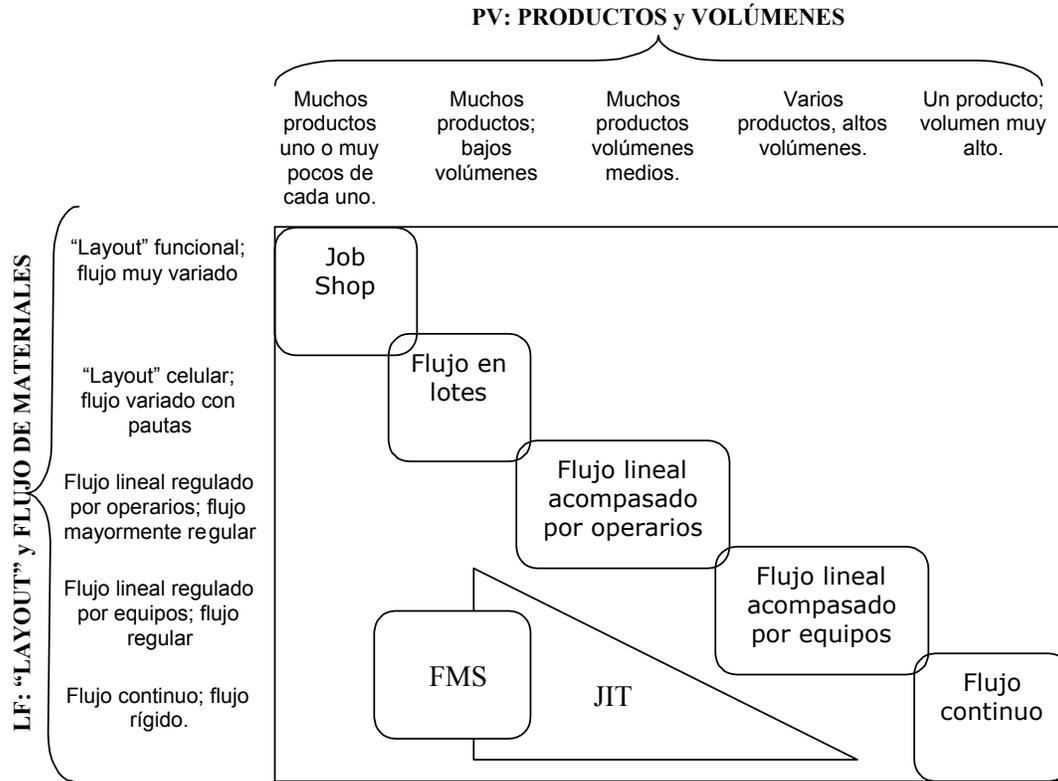
El volumen de producción y la variedad de productos determina el tipo de diseño, o distribución de planta “layout” (Sipper y Bulfin, 1998). Por tanto, influye directamente en la utilización de recursos, procedimientos de fabricación, mecanismos de control y costes de producción.

De las relaciones entre las etapas de proceso y las tareas de producción de cada artículo y para cumplir con las necesidades de producción han surgido dos tipos de distribución de planta diferentes en esencia: el taller de producción intermitente y la planta de producción continua (Sipper y Bulfin, 1998), adicional a estos dos tipos de distribución se han considerado en este trabajo los procesos de una etapa en una máquina y de una etapa en máquinas paralelas.

---

<sup>1</sup> Morton y Pentico (1993).

**FIGURA 3**  
**Matriz (PV-LF) <<Productos y Volúmenes/”Layout” y flujo de Materiales>>**



**FUENTE:** Miltenburg, J. “Estrategia de Fabricación”. Productivity Press. 1996, pp. 19.

## SECUENCIAMIENTO

El secuenciamiento tiene que ver con el desarrollo de un orden exacto (o secuencia) para el procesamiento de las tareas. Este es uno de los aspectos que más influyen en la organización de una planta. Siguiendo un ordenamiento lógico, la programación de la producción debe ser un paso posterior a la planeación. Con la programación se determina cuándo se debe iniciar y terminar cada trabajo o lote de producción, qué operaciones se van a utilizar, con qué máquina y con qué operarios. Un buen programa de producción trae algunas ventajas para la empresa. Entre ellas están:

- Aumento en los niveles de servicio. Los pedidos se pueden entregar en las fechas estipuladas.
- Se calculan las necesidades de mano de obra, maquinaria y equipo. Así habrá una mejor utilización de estos recursos.
- Se pueden disminuir los costos de fabricación, almacenamiento, producción y otros.

## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Para determinada disposición de planta o layout, se tiene un conjunto de  $n$  tareas que deben ser secuenciadas en un conjunto de  $m$  máquinas, donde cada tarea tiene un orden de ruta a través de las máquinas acorde al modelo del sistema, respetando las restricciones de precedencia y de tiempo, se busca que el programa o secuencia optimice un cierto criterio de eficiencia.

Nuestro objetivo es encontrar una secuencia de tareas que optimice una función objetivo.

Al momento de programar, el encargado de producción se debe enfrentar a varios aspectos tales como:

- Demasiado tiempo para llegar a la solución.
- Aparecen más trabajos que requieren ser programados y procesados.
- Cambios en las prioridades.
- Más problemas de fondo.

Es por esto que el desarrollo de aplicaciones como esta, de uso genérico y de bajo costo se presenta como una alternativa muy viable para el apoyo en la manufactura y los servicios.

## FUNCIONES OBJETIVO DE LA PROGRAMACIÓN Y REGLAS DE DESEMPEÑO

Para evaluar la eficiencia de un programa se cuenta con varias medidas de desempeño, estas determinan la capacidad del programa para cumplir el objetivo propuesto, entre ellas están:

1. **Minimizar Makespan:** donde el *makespan* es el tiempo total que se toma para procesar todos los trabajos aceptados.
2. **Minimizar la tardanza máxima:** donde la tardanza es la diferencia entre el tiempo real de entrega (terminación) y la fecha prometida de entrega.
3. **Minimizar el número de trabajos tardíos.**
4. **Maximizar la utilización de las máquinas:** o de forma equivalente *disminuir el tiempo ocioso de las máquinas*. Muchas veces la preocupación es minimizar la ociosidad de una máquina o un obrero para aumentar la productividad (por ejemplo, en muchos casos no se quiere tener ocioso un equipo muy costoso).
5. **Maximizar el Flujo de Dinero en Efectivo:** Cuando se requiere cubrir las salidas que tienen lugar con la compra de materiales, pago de nómina, pago de obligaciones financieras, etc., y la entrada del dinero en efectivo no ocurre generalmente hasta que el trabajo acabado se entregue al cliente.

***Así, las reglas del secuenciamiento afectan el flujo del dinero en efectivo, el servicio al cliente, la calidad, la porción del mercado y la rentabilidad.***

## DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

Se programaron los algoritmos seleccionados para cada modelo de configuración de planta.

El **proceso en una etapa**, también definido como el problema de una máquina, es el problema de la forma más simple, aquí todas las tareas requieren una etapa de proceso que debe hacerse en una misma máquina o instalación (facility)

En el caso de **procesos paralelos** de una etapa, el problema es similar al anterior excepto en que cada trabajo requiere una única etapa de proceso que puede ser procesada por una de las máquinas paralelas

En el problema de multiestados, cada trabajo requiere un proceso en distintas instalaciones, donde típicamente existe un estricto orden de precedencia para las etapas del proceso total para un trabajo en particular. Se presentan dos variaciones:

El **job shop** o taller de labores es un modo conveniente para una compañía que fabrica muchos productos diferentes con un volumen relativamente reducido de cada uno (Sule, 2001).

El **flow shop** o sistema de producción en masa se utiliza para la producción de poca variedad de productos en alto volumen, se asume que todas las tareas deben ser procesadas en un mismo conjunto de instalaciones, con idéntico orden de precedencia o etapas de proceso.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar el desarrollo de la aplicación se pudo concluir y recomendar:

1. La programación manual de la producción requiere demasiado tiempo, además su control se dificulta, es por esto que el uso de herramientas informáticas se hace necesario, permitiendo ahorrar tiempo y esfuerzos que se pueden dedicar a otras actividades.
2. Las empresas hoy día se encuentran en mercados globales cada día mas competidos, con clientes más exigentes que esperan una mejor respuesta a sus expectativas. Es por esto que las variables conocimiento y puesta en practica de los modelos de programación de la producción se vuelve un requisito para la adecuada gestión de los recursos de la empresa, esta aplicación apunta al logro de ambos objetivos, siendo de gran utilidad para los asistentes del curso programación de la producción en el postgrado de la universidad Eafit a quienes esta dirigida.
3. Un buen sistema de programación permite determinar variables de gran importancia para el sistema de producción y si gestión, entre ellas:
  - ¿Qué fecha de entrega prometo?
  - ¿Cuánta capacidad necesito?
  - ¿Cuándo debo comenzar cada actividad o tarea en particular?
  - ¿Cómo puedo asegurarme de que la tarea se termina a tiempo?
4. Una inadecuada gestión de los recursos del sistema de producción repercutirá en otras áreas de la empresa como la financiera con flujo del dinero en efectivo, la comercial con el servicio al cliente, la producción con la calidad y disponibilidad de la planta y equipos, las ventas con la porción del mercado y a nivel macro la organización con la rentabilidad.
5. Algunos de los beneficios que cabe destacar dentro de un adecuado plan de producción son: un mayor control en el proceso, control de los inventarios, de materias primas, de producto en proceso y de producto terminado, en síntesis mayor control de las variables de producción, permitiendo ofrecer mejores productos y servicios a menores costos, ya que no se incurrirán en costos de mala administración.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- CEBALLOS, Sierra Francisco Javier. Visual Basic, Curso de Programación. Rama, 1997.
- CHASE, AQUILANO y JACOBS. Administración de la Producción y las Operaciones. MacGraw Hill, 2000.
- DAVOUD, Pour Hamid. A New Heuristic For The n Job, m Machine Flow Shop Problem. En Production Planning & Control, 2001. Vol. 12, No. 7, p 648 – 653.
- DUFFUAA; RAOUF; BEN DAYA; MAKKI. One Machine Scheduling to Minimize Mean Tardiness With Minimum Number Tardy. En Production Planning & Control, 1997. Vol. 8, No. 3, p 226 – 230.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Normas Colombianas para la presentación de tesis de grado. Bogotá : ICONTEC, 1996. NTC 1307.
- JACOBSON, Reed. Programación Con Microsoft Excel 2000. Macros Y Visual Basic Para Aplicaciones. Microsoft Press, 1999.
- MACHUCA; ALVAREZ; MACHUCA: Dirección de operaciones. Aspectos Estratégicos en la Producción y los servicios. McGraw Hill. 1995.
- MACHUCA; ALVAREZ; MACHUCA: Dirección de operaciones. Aspectos Tacticos y Operativos en la Producción y los servicios. McGraw Hill. 1995.
- MILTENBURG, J. Estrategia de Fabricación. Productivity Press. 1996.
- NARASIMHAN, McLEAVEY, BILLINGTON, Planeación de la Producción y Control de Inventarios. Pearson Educación. 1996.
- NOORI; RADFORD. Administración de Operaciones y Producción. Calidad Total. McGraw Hill. 1997.
- RAJENDRAN, Chandrasekharan; ZIEGLER, Hans. Heuristics For Scheduling In A Flowshop With Setup, Processing And Removal Times Separated. En Production Planning & Control, 1997. Vol. 8, No. 6, p 568-576.
- RUSELL; TAYLOR. Operations Management. Prentice Hall. 2000.
- SIPPER, Daniel y BULFIN, Robert L. Planeación y control de la producción. McGraw Hill, 1998.
- SULE, D. R. Instalaciones de Manufactura. Thomson Learning, 2001.
- VOLLMAN, BERRY y WHYBARK. Sistemas de Planificación y Control de la Producción, McGraw Hill, 1997.
- WELLS y HARSHBARGER. Microsoft Excel 97, Desarrollo de Aplicaciones. MacGraw Hill, 1997.



# **APLICACIÓN DE LA CONTABILIDAD DEL TRÚPUT EN LA LÍNEA DE MOLIENDA Y TRITURACIÓN DE SUMICOL**

ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN - 2003  
PROYECTO DE GRADO - UNIVERSIDAD EAFIT

## **AUTOR**

LINA MARÍA ÁLVAREZ RENDÓN

## **ÁREA DE ÉNFASIS**

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

## **ASESOR**

Ing. VÍCTOR RESTREPO

## RESUMEN

Las organizaciones han cambiado enormemente, y el entorno de los negocios continúa cambiando cada vez más. Aun así, los métodos de contabilidad no han seguido ese ritmo. La antigua contabilidad de costos se presenta aun de una manera muy complicada, y donde no se permite identificar los productos que más contribuyen con la Meta de la empresa que es ganar más dinero ahora y en el futuro.

De manera contraria se presenta la Contabilidad del Trúput basado en la teoría de restricciones (TOC), presentada en libros como La Meta, La Carrera, El Síndrome del Pajar- en todos ellos con participación de Eliyahu Goldratt uno de sus mayores defensores y propulsores, se pretende dar una posible solución los problemas productivos y sobrevivir a la competencia que se presenta a diario, buscando enfocarse principalmente en aumentar el Trúput de una forma simple, entendible y acorde a la Meta de la empresa.

## ABSTRACT

Organizations have changed a lot lately, and business environment continuous changing too every day. Even though, accounting methods haven't follow this trail. Old management accounting is done in a very complicated way, where isn't allow to identify the products that contribute with the goal of the company that is to win more money now and in the future.

In the other hand, throughput accounting is based in the theory of constraints, presented in books as The Goal, The Race, The Haystack Syndrome, in all of them with participation of Eliyahu Goldratt, one of the biggest defender and propeller, it pretends to give a solution to the problems and this way survive to the daily competition looking to focus principlally in increasing the simple way and accord to the goal of the company.

## PALABRAS CLAVES

Trúput, teoría de restricciones, contabilidad de costos, contabilidad administrativa, la Meta.

## KEYWORDS

Throughput, theory of constraints, cost accounting, management accounting, the goal.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es presentar una síntesis acerca de la metodología para desarrollar las cuentas del Trúput, para identificar la mezcla de productos que contribuyen a aumentar las ganancias de la empresa, al igual el manejo de los indicadores de desempeño y financieros para una mejor toma de decisiones hacia la meta de la misma.

### INDICADORES DE DESEMPEÑO

"La Meta" de las empresas normalmente se expresa en alguna relación con la generación de utilidades netas (UN) como medida absoluta del dinero ganado durante un determinado periodo, mientras crecen simultáneamente el retorno sobre la inversión (ROI) como medida relativa que complementa la anterior en sentido de medir la productividad del dinero invertido, y la liquidez que puede convertirse en un factor determinante del éxito o del fracaso de una empresa; sin embargo, estos indicadores no son muy prácticos a la hora de definir las actividades productivas en una planta o en cualquier área de la empresa, ya que por sus diferentes características cada una de ellas utiliza sus propios parámetros de evaluación difícilmente comparables entre si. Para unificar estos parámetros de evaluación se utilizan los siguientes indicadores de desempeño aplicables a cualquier área de la organización.

#### TRÚPUT (T): “Velocidad a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas”

$Tu = P - CTV$	<p><math>Tu</math> = Trúput por unidad de producto          Donde: <math>P</math> = Precio por unidad del producto  <math>CTV</math> = Costo Totalmente Variable</p>
	$TTp = Tu \times q$

Donde:  $P$  = Precio por unidad del producto

$TTp$  = Trúput total por producto

$q$  = Cantidad vendida en el periodo

#### TRÚPUT TOTAL DE LA EMPRESA = $\sum TTp$

- **Inversión (I):** "Es todo el dinero que el sistema invierte en la compra de elementos que el sistema pretendo vender".
- **Gastos de Operación:** "Es todo el dinero que el sistema gasta en transformar los inventarios en Trúput".

## CUENTAS DEL TRÚPUT

Las cuentas de Contabilidad del Trúput son bases de datos que sirven para identificar los productos mas rentables para la empresa de acuerdo al Trúput por unidad de tiempo utilizada en el Recurso con Capacidad Restringida, equivalente a decir cuanto dinero fresco entra a la empresa por cada unidad de tiempo utilizada del Recurso con Capacidad Restringida por procesar un producto. A continuación se presenta la explicación para la realización de las cuentas.

### Datos para realizar la cuenta de rentabilidad de los productos

**Producto:** Se refiere al nombre o código del producto.

**Precio:** Es el precio de venta del producto.

**Costo Totalmente Variable (CTV):** Aquí se coloca el Costo Totalmente Variable del producto, el cual es el costo que varía directamente con el volumen de producción.

**Trúput por unidad:** Resulta de restar el CTV del precio de venta; indica en cuanto contribuye al Trúput de la empresa cada unidad de producto.

**Tiempo en el Recurso con Capacidad Restringida (RRC):** Es la suma de los tiempos que todas las partes que componen el producto final usan el RRC.

**Trúput/unidad de tiempo en el RRC:** Resulta de dividir el Trúput por unidad por el tiempo que el producto usa el RRC. Esto indica cuanto dinero fresco entra a la empresa por cada unidad de tiempo que el RRC procesa el producto.

### Proceso para realizar las cuentas del Trúput

- Obtener para cada artículo el precio de venta. *En la siguiente base de datos, esta representada en la columna **B**.*
- Obtener para cada artículo su Costo Totalmente Variable. *En la siguiente base de datos, esta representada en la columna **C**.*
- Restar los dos valores anteriores, es decir el precio de venta de una tonelada de cada producto menos el costo totalmente variable. *En la siguiente base de datos, esta representada en la columna **D(B-C)**.*
- Obtener el tiempo que utiliza el producto final en el Recurso con Capacidad Restringida. *En la siguiente base de datos, esta representada en la columna **E**.*
- Dividir los dos valores anteriores, es decir el Trúput por unidad entre el tiempo que utiliza el producto final en el RRC. *En la siguiente base de datos, esta representada en la columna **F (D/E)**.*
- Organizar en orden descendente, de mayor a menor Trúput/tiempo en el RRC.

**CUADRO 1**  
**Bases de Datos de los productos**

A	B	C	D (B-C)	E	F (D/E)
Producto	Precio por Tonelada	Costo Totalmente Variable por tonelada (CTV)	Trúput por tonelada (Tu)	Tiempo en el RRC (hrs/ton)	Trúput/tiempo en el RRC por tonelada

De acuerdo con el orden descendente que se muestra en la columna F denominada Trúput/tiempo en el RRC, los primeros productos serán los más rentables para la empresa. Según los resultados que muestren las cuentas del trúput se pueden realizar simulaciones financieras y con la ayuda de los indicadores de desempeño y financieros decidir lo más óptimo para aumentar las utilidades de la empresa.

### **SIMULACIONES**

Las simulaciones son bases de datos, que se desligan de las cuentas de Contabilidad del Trúput, utilizadas para proyectar el desempeño financiero de la empresa de acuerdo con los productos que se decidan vender, o para determinar el impacto de una decisión sobre las utilidades de la empresa en un mes dado.

#### **Datos para realizar las Cuenta de proyecciones o simulaciones**

**Capacidad del RRC:** Unidades de tiempo en que el RRC esta disponible para procesar los productos de la empresa.

**Demanda:** Esta variable depende del mercado de la empresa y del horizonte de tiempo escogido.

**Demanda/capacidad del RRC:** Es la división de las unidades de tiempo del RRC requeridas para producir toda la demanda, por la capacidad del RRC. Si este numero es mayor que 100% significa que la planta no tiene la capacidad suficiente para producir toda la demanda.

**Producto:** EL mismo nombre y código utilizado para la cuenta anterior.

**Mezcla del máximo Trúput:** Muestra la mezcla del máximo Trúput para el periodo analizado, que va a ser igual a la demanda hasta que la utilización acumulada del RRC alcance el 100%.

**Mezcla de ventas:** En la mayoría de los casos las empresas no pueden imponer una mezcla de producto al mercado.

**Utilización acumulada del RRC:** Es la acumulación de la utilización del Recurso restringido (RRC) para suministrar la mezcla de máximo Trúput o la mezcla de ventas.

**Trúput Total por producto:** Indica que tanto cada producto contribuye con el Trúput total de la empresa.

## Proceso para realizar las simulaciones del Trúput

- Ingresar la proyección de ventas para cada producto. *En la siguiente base de datos, esta representada en la columna H.*
- Igualar la mezcla de máximo Trúput a la demanda hasta que la utilización acumulada del RRC alcance el 100%. De este punto para abajo colocar cero para todos los productos. *En la siguiente base de datos, está representada en la columna I.*
- Construir una mezcla de mercadeo utilizando la demanda como base y según lo que se ha decidido vender de cada producto. *En la siguiente base de datos, esta representada en la columna J.*
- Colocar la utilización acumulada del RRC, a medida que se aumenta la cantidad de demanda tanto en la mezcla de Trúput y la mezcla de ventas. *En la siguiente base de datos, esta representada en la columna K.*
- Multiplicar la cantidad de mezcla de Trúput o la cantidad de mezcla de ventas, por el Trúput de cada producto. *En la siguiente base de datos, esta representada en la columna L (I o J x D).*

**CUADRO 16**  
**Simulación Financiera**

G	H	I	J	K		L (I o J x D)	
Producto	Demanda (Proyectada toneladas)	Mezcla Máximo Trúput	Mezcla de ventas	Utilización acumulada del RRC %		Trúput Total por producto	
				Mezcla de Trúput	Mezcla de ventas	Mezcla de Trúput	Mezcla de ventas
<b>TRÚPUT TOTAL=</b>							

## INDICADORES FINANCIEROS

De acuerdo con los resultados obtenidos en la simulación financiera, se pueden obtener los indicadores financieros con las siguientes formulas:

- **Utilidad Neta (UN):** Medida absoluta del dinero ganado durante un determinado periodo de tiempo. Matemáticamente es la diferencia entre el Trúput Total de la Empresa y sus Gastos de Operación.

$$UN = T - GO$$

- **Retorno sobre la Inversión (ROI):** Es la utilidad neta anualizada dividida por la inversión. Mide la tasa en que la inversión de la empresa se está recompensando.

$$ROI = (T - GO) / I$$

## CONCLUSIONES

- Un aspecto importante de la Contabilidad del Trúput es su capacidad de medir el impacto de las decisiones, de acuerdo al comportamiento de los indicadores de desempeño expresados en unidades de dinero, haciendo fácil de identificar cual es la mejor decisión que permite dirigir la compañía hacia la meta.
- Las simulaciones financieras, muestran según los indicadores financieros, que realmente no importa el costo del producto, sino el impacto de una decisión relacionada con los productos sobre los resultados finales de la empresa.
- La contabilidad del trúput ofrece a través forma simple y entendible, la obtención de la mezcla de productos más óptima, para que las utilidades de la empresa aumenten.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece las valiosas sugerencias hechas por el ingeniero Víctor Manuel Restrepo y por otros revisores anónimos.

## BIBLIOGRAFÍA

CORBETT, Thomas. La Contabilidad del Trúput. Colombia, Venezuela y Costa Rica: Piensalo Ltda., 2001.

GOLDRATT, Eliyahu. La Meta: Un proceso de mejora continua. 1 ed. Monterrey, México: Ediciones Castillo, 1986.238 P.ISBN: 986-6635-34-3.

GOLDRATT, Eliyahu. El Síndrome del Pajar. 1 ed. Monterrey, México: Ediciones Castillo, 1990.238 P.ISBN: 986-6635-34-3.



# **MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO BASADO EN INDICADORES DE GESTIÓN PARA UNA EMPRESA DEL TRANSPORTE AÉREO**

ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN - 2003  
PROYECTO DE GRADO - UNIVERSIDAD EAFIT

## **AUTOR**

LUISA FERNANDA MEJÍA GALLEGO

## **ÁREA DE ÉNFASIS**

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

## **ASESOR**

Ing. RICARDO URIBE. [ruribe@eafit.edu.co](mailto:ruribe@eafit.edu.co)



## **RESUMEN**

El modelo de mejoramiento aplicado se basó en la construcción de indicadores de gestión a partir del análisis del enfoque estratégico y la gestión por procesos de una empresa de transporte aéreo para la línea del mantenimiento de helicópteros, a través del análisis del desempeño arrojado por las mediciones realizadas acompañadas de un análisis descriptivo del comportamiento del enfoque implementado.



## **ABSTRACT**

The model of Improvement applied it based on constructions of indicators of management from the analysis of the strategic approach and the management by processes of an airline for the line of the maintenance of helicopters, through analysis of Improvement thrown by the made measurements accompaniment descriptive analysis of the behavior of the implemented approach.



## **PALABRAS CLAVES**

Mejoramiento del desempeño, enfoque estratégico, indicadores de gestión.



## **KEYWORDS**

Strategy, service index, continuous improvement.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto de “Mejoramiento del desempeño basado en indicadores de gestión de una empresa de transporte aéreo” representa el punto de partida para la creación de la cultura de análisis de desempeño y seguimiento de resultados, mediante la medición de los índices más apropiados de los procesos que integran la empresa en el servicio de mantenimiento, y su enfoque estratégico.

La idea es implementar un sistema de indicadores de gestión de los procesos operativos y administrativos para la línea de mantenimiento de una empresa de transporte aéreo y los indicadores que representen el enfoque estratégico planteado, para medir el desempeño de cada uno de ellos, conocer los resultados obtenidos y la tendencia de los mismos, identificar el proceso más crítico e implementar un plan de mejoramiento a dicho proceso.

Con esto, no sólo se desea generar un mecanismo de control, sino además, una herramienta útil y necesaria que nos muestre una orientación de los diferentes procesos, y facilite la toma de decisiones.

**Actualmente la empresa no cuenta con un mecanismo basado en datos objetivos para la planeación, ejecución y mejora, e implementándolo se espera poder evaluar en forma periódica el avance en el cumplimiento de los objetivos trazados de cada proceso y generar un plan de mejoramiento, para el proceso que lo requiera.**

El proyecto se llevo a cabo en la empresa Heliservice Ltda., la cual está dedicada a la prestación de servicios de transporte aéreo y mantenimiento de aeronaves, constituida por 4 áreas: mantenimiento (donde se encuentra la mayor parte del personal; aquí se despliega el área de almacén y control de calidad), operaciones (pilotos y seguridad), contaduría y administración.

El proyecto se baso en la generación del enfoque estratégico, y la gestión por procesos de la empresa, para la cual se recopiló alguna información, se quiere dar a conocer el medio por el cual se miden los objetivos que demuestran la conformidad del enfoque y el cumplimiento del propósito de los procesos a través de la indicadores de gestión.

El paso siguiente es presentar un modelo de mejoramiento para una actividad que sea susceptible a ser mejorada, esto se hará por la alimentación y desempeño que demuestren los indicadores y un diagnóstico cualitativo de los diferentes procesos.

# 1. DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO

## 1.1 PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA

“Parte de la gestión enfocada al establecimiento de los objetivos y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para cumplir los objetivos.” (INALCEC, 2002, Memorias capacitación Enfoque Estratégico ).

Para la conformación de los objetivos de calidad debe existir una intención global de la compañía que reúna el compromiso que se tiene por la satisfacción de las necesidades y expectativas de las partes interesadas como clientes, empleados, dueños, gobierno, etc.

La intención de las compañías generalmente se plasma en una política de calidad, la cual representa la ruta para que la misión de la empresa se transforme, se convierta y alcance la visión.

Los objetivos de calidad son derivados de las directrices que conforman la política de calidad.

**Después de obtener la misión, visión, política de calidad y objetivos de calidad; el paso a seguir es la Identificación y gestión de los diferentes procesos que permiten dar ejecución al servicio acorde con las expectativas del cliente.**

## 2. PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Conjunto de actividades que transforman en productos o resultados unos insumos o recursos variables agregándole valor que tiene SENTIDO PARA EL CLIENTE.

#### 2.1.1 Configuración del Proceso

- **Entradas:** Las entradas constituyen la Información o elementos que van a ser transformados, generalmente las entradas de un proceso, representan la salida de otro.
- **Salidas:** Son Información, productos, subproductos o servicios generados como consecuencia de las actividades del proceso.
- **Recursos:** Elementos que intervienen en el proceso sin ser transformados
- **Controles:** Acciones necesarias para confrontar el estado de entradas y las salidas o para comprobar la ejecución de actividades.
- **Actividades:** Acciones que agregar valor para transformar entradas en salidas.

#### 2.1.2 Clasificación de los Procesos

##### Según su jerarquía

- **Macroproceso:** Conjunto de procesos relacionados u enfocados hacia el cumplimiento de una misión, proceso, actividades.
- **Proceso o subproceso:** Conjunto de actividades que transforman entradas en salidas (productos o servicios) utilizando productos y aplicando controles.
- **Actividad:** Son las acciones que requieren lograr los productos o servicios de los procesos.

##### Según su funcionalidad

- **Direccionamiento estratégico:** Proceso encargado de establecer las políticas y objetivos de calidad, las responsabilidades de la gerencia y el enfoque al cliente
- **Control:** Proceso cuyo objetivo es verificar los resultados de los procesos operativos y de soporte.
- **Operación:** involucrados directamente en la transformación para la realización del servicio. Son los responsables de la generación del producto o servicio que el cliente requiere.

- **Soporte:** Procesos cuyo objetivo es orientar los resultados del sistema de gestión y procurar los recursos requeridos.
- **Contingencia:** Proceso cuyo objetivo es actuar para dar tratamiento a las desviaciones y para tomar acciones que propendan por el mejoramiento del sistema y la eliminación de fallas.

### **Según su enfoque sistemático**

- **De producción:** Identificación de necesidades, diseño, producción, acabado, empaque y entrega.
- **De Apoyo o de Suministro de Insumos o Recursos:** Manejo de materiales, manejo de personal, manejo de maquinaria, manejo de recursos logísticos, manejo de recurso tiempo y manejo del recurso monetario.

Los principales subprocesos de suministro de recursos son: Identificación de Necesidades, adquisición, ubicación, mantenimiento, desarrollo y bienestar.

- **De Dirección:** Misión, visión, valores, objetivos (Supervivencia, crecimiento y desarrollo).

### **Por combinación de ellas.**

## 2. PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Conjunto de actividades que transforman en productos o resultados unos insumos o recursos variables agregándole valor que tiene SENTIDO PARA EL CLIENTE.

#### 2.1.1 Configuración del Proceso

- **Entradas:** Las entradas constituyen la Información o elementos que van a ser transformados, generalmente las entradas de un proceso, representan la salida de otro.
- **Salidas:** Son Información, productos, subproductos o servicios generados como consecuencia de las actividades del proceso.
- **Recursos:** Elementos que intervienen en el proceso sin ser transformados
- **Controles:** Acciones necesarias para confrontar el estado de entradas y las salidas o para comprobar la ejecución de actividades.
- **Actividades:** Acciones que agregar valor para transformar entradas en salidas.

#### 2.1.2 Clasificación de los Procesos

##### Según su jerarquía

- **Macroproceso:** Conjunto de procesos relacionados u enfocados hacia el cumplimiento de una misión, proceso, actividades.
- **Proceso o subproceso:** Conjunto de actividades que transforman entradas en salidas (productos o servicios) utilizando productos y aplicando controles.
- **Actividad:** Son las acciones que requieren lograr los productos o servicios de los procesos.

##### Según su funcionalidad

- **Direccionamiento estratégico:** Proceso encargado de establecer las políticas y objetivos de calidad, las responsabilidades de la gerencia y el enfoque al cliente
- **Control:** Proceso cuyo objetivo es verificar los resultados de los procesos operativos y de soporte.
- **Operación:** involucrados directamente en la transformación para la realización del servicio. Son los responsables de la generación del producto o servicio que el cliente requiere.
- **SopORTE:** Procesos cuyo objetivo es orientar los resultados del sistema de gestión y procurar los recursos requeridos.
- **Contingencia:** Proceso cuyo objetivo es actuar para dar tratamiento a las desviaciones y para tomar acciones que propendan por el mejoramiento del sistema y la eliminación de fallas.

### Según su enfoque sistemático

- **De producción:** Identificación de necesidades, diseño, producción, acabado, empaque y entrega.
- **De Apoyo o de Suministro de Insumos o Recursos:** Manejo de materiales, manejo de personal, manejo de maquinaria, manejo de recursos logísticos, manejo de recurso tiempo y manejo del recurso monetario.

Los principales subprocesos de suministro de recursos son: Identificación de Necesidades, adquisición, ubicación, mantenimiento, desarrollo y bienestar.

- **De Dirección:** Misión, visión, valores, objetivos (Supervivencia, crecimiento y desarrollo).

### Por combinación de ellas.

## 2.2 MEDICIÓN DE LOS OBJETIVOS

La medición de los objetivos es el paso a seguir de la configuración estratégica y la gestión por procesos, esta actividad corresponde a unas acciones para verificar la capacidad de cumplir los requisitos en cuanto a la calidad entregada, uso de recursos etc.

La acción de medir es determinar una cantidad comparándola con otra.

### ¿Por qué realizar mediciones?

La medición permite planear con mayor certeza y confiabilidad.

La medición permite discernir con mayor precisión las oportunidades de mejora de un proceso dado.

Analizar y explicar como han sucedido los hechos

Conocer a fondo los procesos ya sean administrativos o técnicos, de producción o de apoyo que se dan en la organización y así gerenciar su mejoramiento acorde con la exigente competencia actual.

Permite conocer de un proceso su variabilidad y sus causas.

Permite desarrollar una actitud permanente de observación y estudio para aprender las tendencias del proceso, sus condiciones, potencialidades, limitaciones y sus causas.

### 2.3.1 Indicadores de Gestión

“Los indicadores de gestión son expresiones cuantitativas de las variables que intervienen en un proceso y de los atributos de los resultados del mismo y que permiten analizar el desarrollo de la gestión y el cumplimiento de las metas respecto al objetivo trazado por la organización.” (López, 1998).

Las mediciones son fundamentales ya que permiten planificar con mayor claridad, discriminar las mejores oportunidades y finalmente sacar conclusiones acerca de los hechos sucedidos.

## **2.3 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES DE GESTIÓN PARA MEDICIÓN DE DESEMPEÑO**

Para la construcción de indicadores de gestión que representaran la fuente de recolección de información para conocer en dónde se puede realizar una mejora del desempeño, el proyecto se basó en la identificación del enfoque estratégico y la gestión por procesos de la organización.

El primer paso es identificar y realizar una descripción del enfoque estratégico de la empresa.

Aquí se ve la orientación que la dirección tiene y el propósito de ser de ésta.

La política de calidad representa en forma clara la intención y dirección global expresada formalmente por la alta dirección; y los objetivos que demuestran el desempeño de estas intenciones son derivados de esta política.

Para la medición de los objetivos se crean indicadores que proporcionen datos de desempeño.

El segundo paso de la implementación de indicadores, es identificar las diferentes actividades relacionadas entre sí, de estas actividades es importante determinar cuales de ellas utilizan recursos y cuales se gestionan con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, estas se puede considerar como un proceso. Para efectos del proyecto que se quiere desarrollar, se identifican los procesos para la línea de mantenimiento.

Cada proceso identificado, tiene un objetivo que se encuentra relacionado directamente con los requisitos que debe cumplir el determinado proceso.

Al identificar los objetivos derivados de la política de calidad y los objetivos de cada proceso con sus respectivos indicadores, se tiene un tiempo de medición de aproximadamente cuatro meses, en donde cada responsable realiza las mediciones correspondientes y se toma esta información consignándola en una matriz donde se pueda hacer un seguimiento mes tras mes.

Junto a estos datos cuantitativos se desarrolla un diagnóstico cualitativo de los procesos para tener un conocimiento más amplio de la desviación que quiere ser mejorada.

El aspecto a mejorar se tomará con el indicador que se encuentre más desviado de su meta, acompañado del análisis del proceso.

De aquí, se toma un modelo propuesto para el mejoramiento y se aplica por un lapso de tiempo determinado, al implementarse se tiene un tiempo prudencial para medir nuevamente el desempeño de las acciones tomadas y comprobar cuantitativamente su eficacia, las cuales se espera, tenga buenos resultados.

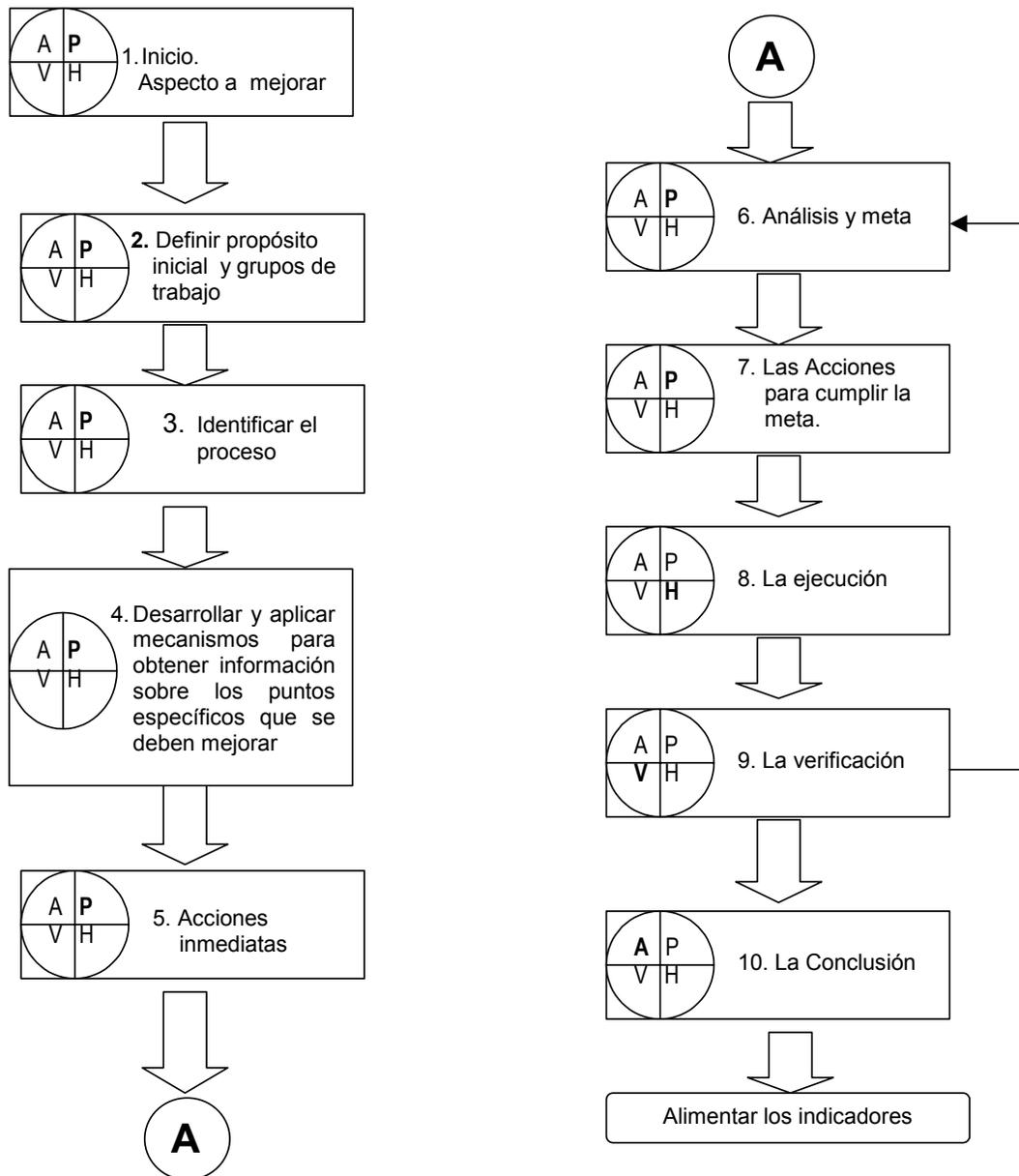
Se compara su medición y se puede cerrar el ciclo o proponer nuevas acciones.

## 2.5 MODELO DE MEJORAMIENTO

Después de realizar un diagnóstico cualitativo y cuantitativo del desempeño del enfoque estratégico y la gestión por procesos, se procede a elegir la actividad susceptible a ser mejorada.

**FIGURA No. 1**  
**Diagrama de Flujo del Modelo de Mejoramiento de Desempeño**

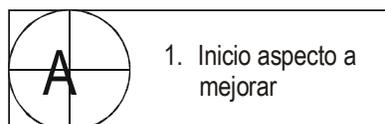
### 2.5.1 Modelo de Mejoramiento de Desempeño



Basado en el ciclo de control PHVA.

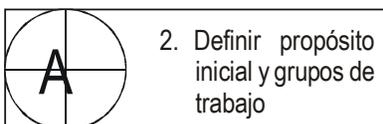
(Planear, Hacer, Verificar y Actuar) se propone el siguiente modelo de mejoramiento de desempeño que contiene actividades derivadas de cada una de las partes del ciclo; esta ruta de secuencia de actividades es utilizada para solucionar problemas o llevar a cabo proyectos de mejora en cualquier área de trabajo.

### 1. Aspecto a mejorar el desempeño



Es el elemento que la empresa ha identificado como insatisfactorio dentro de un proceso y que representa el punto de partida de la metodología.

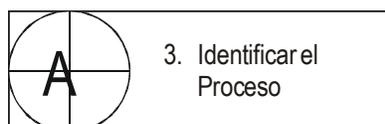
### 2. Definir el propósito inicial y los grupos de trabajo



Establecer el objetivo primario o razón de ser de la aplicación.

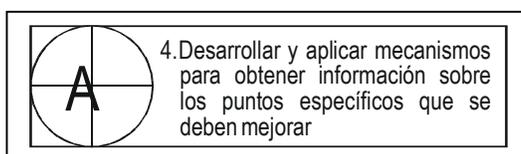
Igualmente se debe definir el grupo de trabajo, el cual debe estar compuesto por el personal que intervienen con las diferentes etapas del proceso que genera la actividad de mejora, dependiendo de su grado de incidencia y su compromiso con este.

### 3. Identificar el proceso



El grupo de trabajo deberá realizar un recorrido por las actividades del proceso. Posteriormente, el grupo debe realizar un cronograma para la ejecución de cada una de las fases del proceso.

### 4. Desarrollar y aplicar mecanismos para obtener información sobre los puntos específicos que se deben mejorar

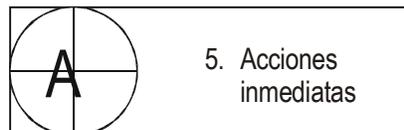


Se diseñará en este punto la forma de obtener información representativa que permita identificar puntos críticos específicos para el mejoramiento.

El uso de algunas herramientas estadísticas, representan para este punto la base para el análisis del problema, entre ellas se encuentran los siguientes tipos de herramientas estadísticas:

- Hoja de verificación
- Diagrama de Pareto
- Diagrama de causa efecto
- Lluvia de ideas
- Diagrama de porque-porque
- Diagrama como –como

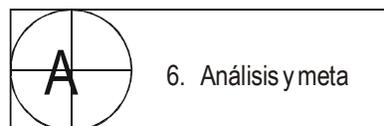
## 5. Acciones inmediatas



Tomar acción correctiva y contrarrestar las causas que pueden serlo rápidamente.

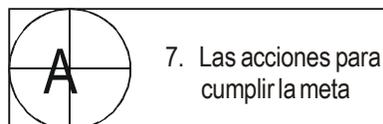
Si las acciones sugeridas por el grupo requieren para ser implementadas de una adición o una adecuación simple al elemento en cuestión o proceso que lo genera, se deberá actuar inmediatamente. Si el elemento es de gran incidencia pero no se puede solucionar inmediatamente, será considerado como una causa crítica y se deberá entonces seguir al próximo paso.

## 6. El análisis y la meta



Para este punto se deberá utilizar el diagrama de causa-efecto determinar las causas o factores críticos que generan el problema y que serán objetivos de mejoramiento.

## 7. Las acciones

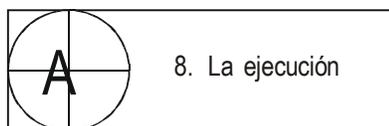


Definición de las acciones a desarrollar y los formatos que facilitaran su desarrollo. De esta forma se definirá el plan de trabajo que permitirá alcanzar las metas formuladas y la satisfacción del cliente.

## Definición del plan de trabajo

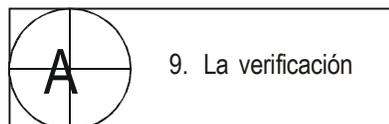
Una vez establecidas las acciones a desarrollar para lograr el mejoramiento, se consignan en los formatos para planes de acción con el fin de tener un seguimiento y control sobre la evaluación de dichas acciones.

### 8. La ejecución



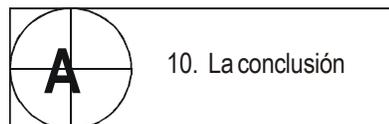
Poner en marcha el nuevo diseño o el ajuste bajo el plan de trabajo definido.

### 9. La verificación



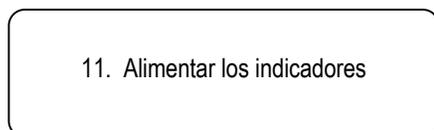
Analizar los indicadores parciales del proceso a mejorar mediante los seguimientos contemplados en el plan de trabajo.

### 10. La conclusión



Determinar el grado de cumplimiento final y los factores adversos y favorables que pueden condicionar el desarrollo de la metodología. Aquí, se realizan los ajustes necesarios a las acciones planteadas, para alcanzar los objetivos propuestos.

### 11. Alimentar los indicadores



Para continuar conociendo el desempeño de las acciones tomadas es importante dar continuidad con la recolección de información, de acuerdo con su frecuencia descrita en cada indicador.

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La idea de implementación de un sistema de indicadores de gestión para la toma de decisiones con base en datos reales, es un buen modo de mostrar a la dirección resultados del desempeño y detectar desviaciones y posibles aspectos de mejora; claro que estos datos deben tener una fuente de recolección muy segura y necesita mucho compromiso por parte de los responsables de la medición, para que estos datos en realidad representen el desempeño.

El responsable de la recolección debe tener un previo conocimiento y obtener mucha conciencia del porque se están realizando estas mediciones, ya que de otro modo el modelo no obtendrá el resultado esperado.

Específicamente en Heliservice Ltda., colaboró en gran medida las capacitaciones recibidas por la empresa INALCEC (Instituto Nacional de Consultoría En Calidad) ya que sensibilizaron a los responsables de recolección y en general a todo el personal de la importancia de tener datos reales que midan el desempeño para conocer en que puntos se debe trabajar y buscar una mejora.

La dirección debe mostrar un compromiso muy grande con el tema de medición de indicadores y motivar al personal a utilizar este modelo concientizando a los responsables de la importancia de encontrar puntos críticos de ser susceptibles de mejorar.

Normalmente las personas que laboran en una organización hacen las cosas y por lo general les salen bien, pero este medio nos demuestra que siempre hay puntos claves en los cuales trabajar para mejorar.

La aplicación de la metodología de construcción del sistema de indicadores, llevo a la empresa a un conocimiento del desempeño de su enfoque estratégico brindado por la dirección, así como de su gestión por procesos para la línea de mantenimiento.

Este modelo representó una herramienta muy útil para la toma de decisiones y el desempeño se mejoro en un punto susceptible para la mejora a través de la desviación con respecto a su meta y del análisis cualitativo, pasando por un modelo de mejoramiento que utilizo la experiencia y conocimiento de los involucrados en el aspecto a mejorar, hasta llegar a la toma de acciones sugeridas por ellos mismos.

Esto generó un compromiso para darle continuidad a los cambios propuestos en el proceso.

Este proyecto busca dar una solución a un problema específico encontrado del análisis de los diferentes indicadores construidos en la empresa Heliservice Ltda., pero la base fundamental del proyecto es presentar una metodología de control de gestión de desempeño por medio de un sistema de indicadores de gestión con base en el enfoque estratégico y la gestión por procesos de una empresa y describir un modelo aplicable de mejoramiento para las desviaciones que este arroje.

La empresa, una vez tiene el análisis de desempeño de sus procesos para la línea de mantenimiento, debe definir los objetivos y actividades que interactúan y están involucrados en el servicio de transporte aéreo, para lograr integral su gestión para sus dos líneas de servicios.

La empresa debe continuar monitoreando constantemente su sistema de indicadores y formular nuevos indicadores que comprendan las perspectivas financieras, de formación e innovación y del cliente en las que se fundamenta la metodología del cuadro de mando integral; para obtener mejores bases que representen el desempeño y abarcar mayores puntos susceptibles a ser mejorados.

## 4. BIBLIOGRAFÍA

INALCEC (Instituto Nacional de Consultorio en Calidad), 2002, CAPACITACIÓN Planificación Estratégica de la Calidad. Medellín, Colombia.

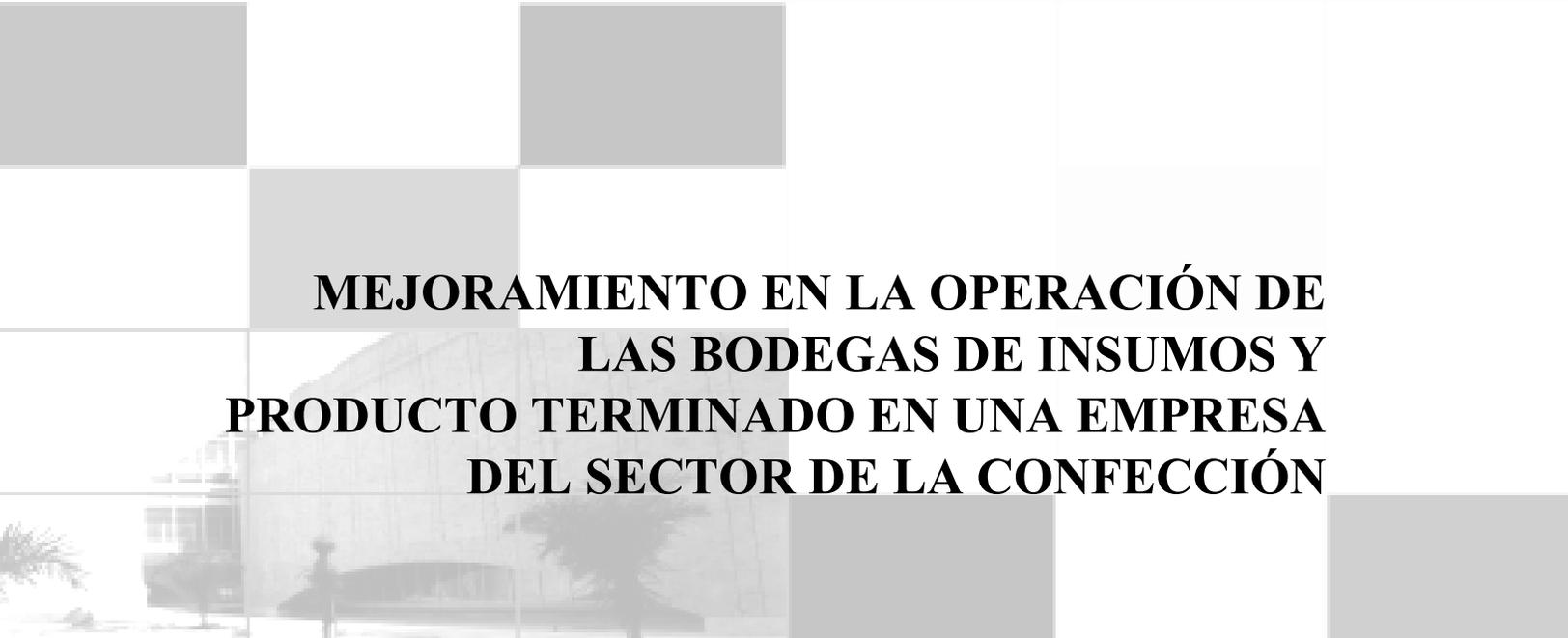
INALCEC (Instituto Nacional de Consultorio en Calidad), 2002, CAPACITACIÓN Planificación De Un Sistema de calidad. Medellín, Colombia.

INALCEC (Instituto Nacional de Consultorio en Calidad), 2002, CAPACITACIÓN Mejoramiento continuo de la calidad. Medellín, Colombia.

LOPEZ Restrepo, Ricardo Andrés. 1998, “Indicadores de Gestión”, Medellín, Colombia.

ESTRADA Lizcano, Ricardo. “Modelo del mejoramiento continuo de la calidad del servicio para una empresa del medio”, 1998. Medellín, Colombia. Trabajo de grado (Ingeniería de Producción), Universidad EAFIT.

CARDONA Restrepo, Juan Pablo, RENDÓN Cardona Maria Marcela, 1999., “Metodología para la construcción de un sistema de calidad del sector manufacturero”. Medellín, Colombia. Trabajo de grado (Ingeniería de Producción), Universidad EAFIT.



# **MEJORAMIENTO EN LA OPERACIÓN DE LAS BODEGAS DE INSUMOS Y PRODUCTO TERMINADO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONFECCIÓN**

ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN - 2003  
PROYECTO DE GRADO - UNIVERSIDAD EAFIT

## **AUTORES**

DIANA MARÍA MOLINA ESCOBAR

NICOLÁS VÉLEZ RIVERA

## **ÁREA DE ÉNFASIS**

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

## **ASESOR**

JOSÉ IGNACIO MOLINA. [jmiblu@eafit.edu.co](mailto:jmiblu@eafit.edu.co)



## **RESUMEN**

El proyecto pretende realizar una mejora en las bodegas de insumos, materias primas y producto terminado, optimizando los procesos de recibo y despacho de mercancías, almacenamiento de productos y programación de la producción. todo lo anterior acompañado de una buena organización y demarcación de las bodegas, le permitirá a la compañía no sólo ser más ágiles ofreciendo un mejor tiempo de respuesta al cliente final, sino también tener una mayor capacidad de almacenaje que le permita atender un mayor mercado.



## **ABSTRACT**

This paper presents a study with the aim of getting an improvement in the supplies warehouse, raw material, and finished products for the clothing industry. optimizing the receipt, shipping and delivery process, the product storing and production program and suggesting a better layout and demarcation in the warehouse will lead the company to have not just a better lead time, but to improve the storing capacity to reach a greater market.



## **PALABRAS CLAVES**

Bodega, almacenamiento, demarcación, inventario.



## **KEYWORDS**

Warehouse, storing, stock, inventory.



## INTRODUCCIÓN

La globalización en la que se encuentra actualmente el mundo ha transformado la realidad del sector productivo a nivel mundial, debido a que las empresas modifican la forma de llevar a cabo sus operaciones a fin de adaptarse a un nuevo entorno, lo cual exige pensar en estrategias que logren hacerlas más competitivas, determinando el crecimiento o el estancamiento de éstas.

Anteriormente la información no fluía al interior de las compañías como lo hace actualmente, cada área era una isla y cada empresa un misterio. En la actualidad para que una compañía subsista debe integrarse en su cadena de valor. El proveedor ya hace parte de la compañía y todos los departamentos se unen en un todo para alcanzar un objetivo colectivo; pero nada de esto fuera posible sin el uso de la información. Es por esto que la agilidad y confiabilidad de la información al interior de toda compañía se ha vuelto tan o más importante que la venta misma. Para que esta información cumpla con estos requisitos, su recolección, clasificación, registro y procesamiento se deben cumplir a cabalidad.

En muchas empresas del sector de la confección en Colombia el manejo de la información es todavía muy empírico y el papeleo se ha vuelto cada vez más difícil de manejar, tanto para quien la recolecta como para quien la requiere, generando pérdidas en tiempos valiosos, gastos extras en papelería y una requisición de gran espacio para archivo, que hoy en día con una buena base de datos, es innecesaria. El manejo poco eficiente de la información puede hacer que la compañía llegue a ser menos competitiva a nivel global.

Además de una información clara, el orden, la limpieza y la claridad ayudan a darle una respuesta rápida, tanto al cliente al interior de la compañía, como al cliente externo, permitiendo ser más competitivos.

Las bodegas en las empresas de confección han sido un poco relegadas, ya que se le ha prestado siempre más atención a la planta como tal, sin tener en cuenta que con bodegas más eficientes, se puede llegar a disminuir costos, mejorar tiempos de respuesta y también en gran parte a mejorar la calidad. Las materias primas son un punto esencial al interior de la cadena productiva, ya que una buena identificación, almacenamiento y despacho de éstas le permiten al proceso productivo ser más eficiente; así mismo una clara identificación, un adecuado almacenamiento y un pronto despacho le permitirán a la compañía entregarle al cliente el producto cuando lo necesita, como lo necesita y con la calidad que lo necesita. Es por esto que es de vital importancia tener bodegas eficientes que nos permitan iniciar y terminar nuestro proceso productivo eficazmente, ya que nada lograríamos con un proceso de transformación eficiente si en los puntos de partida y desenlace contamos con falencias.

Para lograr una mejora en el desempeño de las bodegas y en la fluidez de la información, se tomó una empresa específica del sector de la confección.

C.I. IBLU S.A. está ubicada en Medellín, Colombia; es una empresa con 18 años de experiencia y compromiso con el país y el exterior, reconocida por su excelente calidad en la confección de tejido plano y

punto. Cuenta con cuatro plantas especializadas en la confección de camisería casual y formal, camisetas tipo polo y T-Shirt, pantalones y jeans en la línea masculina, femenina e infantil. Posee la versatilidad para producir cualquier otro tipo de prenda de acuerdo a las necesidades. Además le ofrece a sus clientes los departamentos de corte, diseño y comercio exterior lo cual permite trabajar el concepto de paquete completo: asesoría en diseño, producción de las prendas y operaciones de exportación.

IBLU, así como muchas otras PYMES en Colombia fue inventada sobre la marcha, sin planeación alguna, por lo tanto a medida que el mercado fue creciendo esta fue creciendo por igual pero de una forma muy rudimentaria; este aspecto hizo que las barreras informativas entre los diferentes departamentos fueran cada vez más grandes y el funcionamiento de las bodegas cada vez más relegado a un depósito de material, el cual no necesita ninguna mejora.

En todas las organizaciones la resistencia al cambio es grande y por lo tanto IBLU no iba a ser la excepción; debido a esta resistencia, el desarrollo del proyecto tuvo muchas barreras de entrada, ya que para su adecuada implementación requería de la colaboración de gran parte del personal, quienes estaban convencidos de que la forma en que en la actualidad se desarrollaban las tareas era la más adecuada. Para lograr los resultados esperados era necesario explicarle a las personas en qué consistía el cambio y las ventajas que esto traería para el desarrollo de sus actividades.

El propósito de este trabajo es lograr una mejora en el desempeño de las bodegas en una empresa del sector de la confección, tumbando las barreras existentes entre los diferentes departamentos y eliminando la resistencia al cambio existente en cada una de las personas.

## **1. CREACIÓN DE KÁRDEX DIGITAL**

La primera parte de este proyecto tiene como objetivo mejorar el desempeño de las bodegas de insumos y materia prima por medio de la sistematización de sus kardex.

Lograr la unificación de la información y la organización de ésta, conlleva a disminuir notoriamente los tiempos de llenado de cada orden, bien sea de entrada o salida de cada una de las referencias, teniendo en cuenta que son sólo tres operarios para ingresar la información, mantener el inventario al día, recibir y despachar las órdenes. Además esta sistematización tumbará los muros entre los diferentes departamentos y las bodegas, ya que éstos podrán tener un acceso inmediato a la información que los kardex poseen y se evitará el tiempo perdido por la espera o búsqueda de esta información.

Se hizo una medición para conocer el tiempo de espera requerido para obtener la información contenida en los kardex, pero las conclusiones fueron alarmantes, ya que en algunas ocasiones no se podía tener acceso a esta información en un día completo, y en otras ocasiones éstos se perdían y no se sabía quién los tenía, por lo tanto había que recorrer toda la empresa en la búsqueda de éstos.

## 2. DEMARCACION Y ORGANIZACIÓN DE LAS BODEGAS DE INSUMOS Y MATERIA

Para la demarcación de las bodegas de insumos y materia prima se usaron los conceptos de la fabrica visual. Para que un sistema de demarcación sea eficiente, debe contar con aportes de los operarios y de las personas que participan en el proceso. Se fijaron normas y se debe atender a ellas; se ubicó un lugar para cada cosa y cada cosa debe estar en ese lugar, se estableció la metodología de que si no se hace nada, nada mejorará y que por esto se deben buscar soluciones, además, se le enseñó a los operadores que lo que no se sabe se debe preguntar, usando el principio de, si no puede hacerlo usted mismo, pida ayuda.

Los pasos que se siguieron para la organización y la demarcación de las bodegas fueron los siguientes:

- **Desalojar:** Se escogió lo que servía y se retiró lo que no.
- **Clasificación:** Se clasificó lo que se tenía de acuerdo a la frecuencia de uso.
- **Limpieza:** Se eliminó toda la suciedad existente en el lugar.
- **Organización:** Se organizaron las bodegas, en esta fase se contó con el apoyo de todos, ya que a todos les gusta trabajar en un lugar ordenado. Cuando se implementaron todos los pasos se logró la mejora del ambiente de ambas bodegas.
- **Entrenamiento:** Finalmente se entrenó y disciplinó a cada uno de los operarios para lograr un mantenimiento constante a lo largo del tiempo del logro ya alcanzado.

### 3. DEMARCACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA BODEGA DE ESTRATÉGICA

El mejoramiento de esta bodega se logró mediante una reubicación de los productos, una adecuada demarcación y la creación de diferentes áreas para el desarrollo de cada una de las actividades de una forma más estructurada. Para lograr esto se contó con la colaboración de todos y cada uno de los operadores de la bodega, se analizaron sus sugerencias y se crearon las soluciones en conjunto.

La bodega de producto terminado cuenta con una política de almacenamiento aleatorio o caótico. Este tipo de almacenamiento, disminuye los tiempos de ubicación pero aumenta los tiempos de picking y disminuye la facilidad de localización de los productos, por lo tanto no era la política mas adecuada para el funcionamiento de esta bodega en particular. Lo primero que se hizo fue adoptar una política de almacenamiento ordenado, que le facilitara al operario la ubicación de los productos y disminuyera los tiempos de picking. Cuando ya se tenia claro que política de almacenamiento se usaría, se prosiguió a ubicar los productos, de acuerdo a su clasificación, la cual estaba ya preestablecida por la compañía; en una estantería se ubicaban las camisas de manga corta, y estas a su vez se organizaban por marca y dentro de las marcas, se organizaban por tallas; en otra estantería se ubicaron las camisas de manga larga, en otra los pantalones, en otra los bluejeans y así sucesivamente.

Todos los pasillos al interior de la bodega, permanecían obstruidos y las estanterías las tapaban con plásticos para evitar que la mercancía se deteriorara debido al exceso de polvo, lo que hacia más difícil el picking y la ubicación de los productos, por lo tanto se liberó el espacio de pasillos reubicando las canastas que se encontraban en el suelo y se removieron los plásticos después de la limpieza general que se le hizo a la bodega.

La bodega no contaba con un área de consolidación del pedido, por lo tanto se veían alistamientos de pedidos en todo lo ancho de la bodega, obstruyendo el paso y evitando la agilidad de movimientos por parte de los operadores. En las épocas de alta demanda, como lo es diciembre, temporada de padres, etc. es imposible de transitar en la bodega debido a la cantidad de cajas listas para enviar a los diferentes clientes y no se cuenta con un lugar en el que se puedan almacenar temporalmente éstas mientras el transportador llega, por lo tanto, se creó un área dedicada específicamente para este transito de cajas cerca de la salida de la bodega para evitar el movimiento con estas a todo lo ancho de la bodega.

La bodega de producto terminado se organizó usando un sistema de área modificada con un sistema de zona, este método disminuye el tiempo de recogida del pedido y es algo muy similar a lo que los operadores estaban acostumbrados a hacer, sólo un poco más ordenado y con una zona de consolidación ya establecida. De acuerdo con el método, Se dividió la bodega por zonas (usando el criterio de semejanza física) como se explicó anteriormente, y se creó la zona de consolidación. Para este sistema se requiere una persona por zona, por lo tanto se entrenó a los operarios en este método y se les asignó su zona; siguiendo la sugerencia dada por los operarios de la bodega, ellos se van a rotar cada 6 meses, para así todos, poder conocer las diferentes zonas.

Como la bodega se encontraba dividida por zonas, se ubicó un letrero en cada una de estas, permitiendo el reconocimiento de las mismas por cualquier persona, agilizando la ubicación y el picking de una orden. Las zonas a su vez se demarcaron con el mismo código alfa-numérico usado en las bodegas de insumos y producto terminado, creando así, un lenguaje en común entre todas las bodegas de la fábrica.

## **4. ESTUDIO DE TIEMPOS**

Este estudio se hizo tanto para un operario experto, es decir, con conocimiento de la ubicación de los insumos y materias primas dentro de la bodega, como para una persona inexperta, es decir, que no tiene conocimiento alguno sobre la ubicación al interior de las bodegas; esto con el fin de que cualquier persona al interior de la compañía pueda acceder a estos materiales en caso de necesitarlos; además los operarios de las bodegas tienen asistentes que son cambiados con frecuencia y que para conocer la ubicación de las bodegas necesitan mucho tiempo y estar preguntando constantemente, lo que ocasiona excesivas pérdidas de tiempo. Esto se solucionó con la ayuda de elementos de control visual que permiten a cualquier persona saber la ubicación de cierto material sin tener un conocimiento sobre la distribución de las bodegas.

## 5. CONCLUSIONES

Se eliminó el tiempo perdido en la búsqueda de los Kardex, lográndose una circulación inmediata y simultánea de información entre todos los departamentos de la compañía. Gracias a esto se eliminó la existencia de “muros” entre los diferentes departamentos, brindándoles así un flujo permanente de información. Se redujo el tiempo de búsqueda de la información en un 99,98%.

La digitalización de la información realizada en este trabajo logró una disminución en la transferencia de información del 92%, tanto interna como externa, transmitiéndose en un mejor servicio al cliente. Esta transferencia que antes podía tomar fácilmente unos 25 minutos, en la actualidad se realiza máximo en 2, lo que le permite a la empresa tener una respuesta rápida y bien presentada a sus clientes.

Se logró una confiabilidad en el inventario de la bodega de insumos del 95,95%, debido tanto a la organización de la bodega, su demarcación e implementación de elementos de control visual, como a la digitalización de la información.

Se redujo el tiempo de recogida de una orden en la bodega de insumos, tanto para los operadores expertos en la bodega, como para cualquier persona que requiera entrar a ella. El tiempo de recogida de una orden para un operario experto se redujo en un 7,76%, mientras que para una persona inexperta la reducción fue de un 55,86%. Esta disminución se logró gracias a la implementación de herramientas de control visual, a la demarcación y al orden implantado en la bodega. También contribuyó en este cambio la adopción del método de recogida en zigzag, ya que estandarizó un poco el proceso.

En la bodega de telas se logró una confiabilidad en el inventario del 98,15%, debido en su mayoría a la creación del Kardex digital, ya que este permitió la entrada y salida inmediata de la información y la actualización constante del inventario en bodega.

Se redujo el tiempo de recogida de una orden en la bodega de telas, tanto para los operadores expertos como para los inexpertos. Este cambio se consiguió gracias a la organización, demarcación, despeje de pasillos y al cambio en la ubicación de las telas, usando como referencia, la información existente en los Kardex. En la actualidad un operario experto hace la recogida de una orden en un 21,82% menos del tiempo que lo hacía antes, y un operario inexperto lo hace en un 94,37% menos del tiempo que lo hacía antes.

En la bodega de producto terminado se logró un aumento en la cantidad de órdenes despachadas correctamente de un 46,06%, lo que se traduce en un cliente satisfecho en su pedido. Este cambio se logró mediante organización y limpieza, que hizo que las prendas no se deterioraran durante su estadía en la bodega, debido al polvo y a malas condiciones de almacenamiento. También por una adecuada demarcación y control visual al interior de la bodega, que hizo que no se le mandara al cliente algo que no había pedido o faltantes en su orden.

El porcentaje de órdenes devueltas en la bodega de producto terminado se redujo en un 58,98%. Esta reducción se logró, al igual que con el aumento de las órdenes despachadas correctamente, con una buena limpieza, organización, demarcación y control visual al interior de esta bodega.

El tiempo de respuesta al cliente se disminuyó en un 15%, permitiéndole a la empresa realizar más despachos en un día y tener más clientes satisfechos que es por lo que las empresas deben trabajar en la actualidad. Esta disminución se logró debido a la implementación del método de recogida en zigzag, a la buena demarcación y control visual establecido en la bodega y a la disposición del personal de bodegas tan positivo frente al cambio.

Se implementaron medidas de seguridad al interior de las bodegas de producto terminado, materias primas e insumos, para brindarle seguridad y protección a todo el personal de la compañía.

El alma de las compañías son los clientes, es por esto que se les debe entregar lo que necesitan, cuando lo necesitan y en las condiciones en las que lo necesitan. Con este trabajo, se logró, mediante la mejora en el desempeño de las bodegas de insumos, materias primas y producto terminado, y con la ayuda de la sistematización de la información, tener un cliente satisfecho que cuenta con un proveedor que cumple.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

CHASE, Richard; AQUILANO, Nicholas; JACOBS, F. Roberts. Administración de Producción y Operaciones: Manufactura y servicios. 8ª Edición. Editorial McGraw Hill. 2000.

VALENCIA, Alicia. Bodegas Peldar. Proyecto de Grado. Departamento de Ingeniería de Producción. Universidad EAFIT. Medellín, 1985.

CONSEJO COLOMBIANO DE SEGURIDAD. Revista Universidad EAFIT.

FÁBRICA VISUAL. Video, Universidad EAFIT, Taco No. 4.

# **ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA EL CONTROL, PROGRAMACIÓN Y PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO EN MEDELLÍN Y SU ÁREA METROPOLITANA**

ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN - 2003  
PROYECTO DE GRADO - UNIVERSIDAD EAFIT

## **AUTORES**

MARÍA CAROLINA PICO HERNÁNDEZ

JUAN FELIPE GÓMEZ GAVIRIA

## **ÁREA DE ÉNFASIS**

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

## **ASESOR**

Ing. CARLOS ALBERTO CASTRO ZULUAGA. [castro@eafit.edu.co](mailto:castro@eafit.edu.co)



## **RESUMEN**

La planeación, programación y control de la producción son procesos críticos e indispensables para un funcionamiento eficiente en todas las empresas manufactureras y de servicios. El presente trabajo busca realizar un estudio de la situación actual del sector de plásticos en Medellín y su Área Metropolitana, en cuanto a herramientas computarizadas de apoyo a la toma de decisiones en planeación, programación y control de la producción, con el fin de determinar las debilidades, fortalezas, necesidades y oportunidades de las empresas pertenecientes a este sector.



## **ABSTRACT**

The planning, programming and control of the production are processes critical and indispensable for an efficient operation in all the manufacturing companies and of services. The present work looks for to make a present study of the situation of the plastic sector in Medellín and its Metropolitan Area, as far as tools computerized of support to the decision making in planning, programming and control of the production, with the purpose of determining the weaknesses, strengths, necessities and opportunities of the companies pertaining to this sector.



## **PALABRAS CLAVES**

Planeación, programación y control de la producción



## **KEYWORDS**

Planning, programming and control of the production.

## INTRODUCCIÓN

La planeación, programación y control de la producción comprenden distintos elementos que parten desde el inicio de la cadena de abastecimiento, como son los proveedores, continuando con la planta y sus actividades de planeación, programación y control de producción, considerando diversos factores como flexibilidad, automatización, volumen de producción, utilización de los equipos y de herramientas informáticas, entre otros. Finalmente se abarcan todos los elementos que permiten que el producto llegue al cliente final.

Como es de esperarse, el control eficiente de todos estos elementos es una tarea ardua y compleja y por esto día a día se crean nuevos métodos, equipos y sistemas con el fin de incrementar la productividad en las empresas, ya que este factor amplía las posibilidades de mercado al lograrse una ventaja competitiva en sectores similares.

El sector industrial de productos plásticos en Colombia ha sobresalido por el dinamismo y crecimiento dentro de la manufactura colombiana que lo ha llevado a ser uno de los sectores de mayor auge y desarrollo en los últimos años en el país.

Para el año 2002 el sector industrial de productos plásticos de Colombia estaba representado por 428 establecimientos, de más de 10 empleados, distribuidos de acuerdo con el volumen de su producción así: 35% gran industria; 50% mediana industria; y 15% pequeña industria, según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia, DANE.

Con el fin de que el crecimiento en las empresas plásticas se siga dando, es necesario identificar las fortalezas y debilidades que tienen éstas en los procesos de la planeación, programación y control de la producción para así establecer e identificar los requerimientos reales en cuanto al conocimiento y a la implementación de herramientas computarizadas para el desarrollo de éstos procesos.

Es aquí donde comienza un nuevo estudio de los campos desarrollados por las empresas plásticas del sector en Medellín y su Área Metropolitana, teniendo como eje principal el reconocimiento de cómo éstas manejan sus procesos de planeación, programación y control de la producción, para de esta manera determinar formas y/o alternativas de mejorar sus procesos con herramientas sencillas, fáciles de manejar y asequibles según sus necesidades.

El estudio ha sido centrado en:

- Políticas de planeación, programación y control de la producción.
- Utilización de equipos y herramientas computarizadas.
- Utilización de herramientas computarizadas empleadas en la planeación y programación de la producción.

## METODOLOGÍA

Definidos los objetivos de investigación, se procedió a determinar el mejor método para encontrar la población a investigar; se consultó la base de datos de la Cámara de Comercio de Medellín, con el fin de adquirir un marco de muestreo de las empresas representativas del sector PYMES para llevar a cabo la investigación.

Se clasificó a las empresas de acuerdo a su nivel de activos con el fin de realizar un diseño muestral que garantice resultados confiables para el estudio.

Se evaluarán las herramientas utilizadas para el control, programación y planeación de la producción, tomando como referencia la pequeña y mediana empresa del sector plástico en Medellín y su Área Metropolitana, con el fin de determinar las debilidades, fortalezas y oportunidades de mejoramiento.

## TIPO DE ENCUESTA

El tipo de investigación utilizado en este proyecto es un estudio descriptivo, el cual se divide en el estudio longitudinal y en el estudio transversal. Para la investigación se empleó un estudio transversal, ya que éste arroja las variables de interés y sus relaciones en un momento dado. Este estudio se divide a su vez en dos clases, el estudio en profundidad y encuesta. La encuesta será el método a utilizar, ya que es el sistema más adecuado para obtener información concerniente al tema de investigación y a que se basa por lo general en muestras representativas de la población objeto de estudio.

Para el diseño apropiado del cuestionario fue fundamental cumplir con la definición correcta del problema a investigar, formular de forma precisa la hipótesis y especificar adecuadamente las variables y las escalas de medida a utilizar.

Los parámetros de selección para las empresas que conformarían la muestra fueron:

**TABLA 1**  
**Escala de activos de las empresas**

TAMAÑO DE EMPRESAS	ACTIVOS (Pesos)
Micro	Menos de 154'809.000
Pequeña	154'809.000 – 1545'306.000
Mediana	1545'306.000 – 4635'000.000
Grande	Más de 4635'000.000

**Fuente:** Cámara de comercio de Medellín, 2003.

La base de datos final quedó conformada por aquellas empresas que cumplían con los criterios de activos pertenecientes a la pequeña y mediana empresa.

Habiendo organizado la base de datos, se procedió a utilizar un modelo estadístico para población finita.

## DISEÑO Y DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

La muestra es una parte representativa de la población y es seleccionada con el fin de obtener información deseada para el estudio de dicha población, en base a los objetivos que se deben cumplir (Cabrejos, 1987). Los cálculos empleados para determinar el tamaño de la muestra se realizan con las siguientes fórmulas:

**Varianza  $S^2$ :**

$$S^2 = p * q$$

$$p + q = 1; \text{ donde}$$

**p** = La probabilidad de que ocurra

**q** = La probabilidad de que no ocurra

Dado que la encuesta maneja variables nominales es decir cada pregunta tiene respuestas diferentes, y ordinales que tiene preguntas cuya respuesta está dada por intervalos, entonces la varianza  $S^2$  es una variable continua y se toma  $p = 0.5$  y  $q = 0.5$ ; por lo tanto  $S^2 = 0.25$ .

- Error permisible: debe estar entre el 5 y el 10%, en este caso se utilizara un error del 7.5%.
- Nivel de confianza: el más adecuado para el estudio es de 95%, según la tabla de distribución normal es equivalente a  $Z = 1.96$ .
- Se tiene una población finita de  $N = 48$  empresas.

$$n = \frac{S^2}{\left(\frac{Ep^2}{Z^2}\right) + \left(\frac{S^2}{N}\right)}$$

$$n = \frac{0.25}{\left(\frac{0.075^2}{1.96^2}\right) + \left(\frac{0.25}{48}\right)}$$

$$n = 37.46 \approx 38$$

Se tendrá entonces un tamaño de muestra de 38 empresas para realizar las encuestas.

## PROCEDIMIENTO MUESTRAL

La manera en que se seleccionan las empresas que van a constituir la muestra, es el método probabilístico de muestreo aleatorio simple, donde cada unidad tiene una probabilidad igual y conocida de ser incluida en la muestra. La forma en que se lleva a cabo este muestreo es dándole a cada empresa que conforma la población un número y luego hacer un listado de números aleatorios igual al tamaño de muestra que para este caso será 38, y por último a cada número aleatorio se le asigna la empresa correspondiente a éste.

Tras el diseño de la encuesta y la realización de la muestra, se procedió al proceso de obtención de los datos del cuestionario de manera personal, luego de haberse concretado la cita con el encargado de la producción de manera telefónica. En el proceso de la obtención de los datos se le explicaba a la persona encargada de la producción la finalidad de la encuesta y se procedía a realizar el cuestionario. Muchos de los encuestados mostraban los procesos productivos de sus empresas, brindando así la oportunidad de poder validar algunas de sus respuestas.

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Tras la enumeración de los objetivos del proyecto y realizarse el proceso de muestreo, se plantean las posibles relaciones que pueden existir entre las variables del proyecto y de la misma manera se especifica la hipótesis a contrastar, la cual se presenta como la afirmación de que las pequeñas y medianas empresas no cuentan en la actualidad con algún tipo de software que les permita administrar eficientemente sus operaciones y procesos de Planeación Programación y Control de Producción debido básicamente al desconocimiento que existe sobre las herramientas disponibles en el mercado y a los altos costos que tienen estas aplicaciones.

A continuación se presentan los datos analizados, tras identificar el tipo de variables a utilizar e igualmente conocer las técnicas con que éstas se examinan.

## **POLÍTICAS DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN**

Las labores de programación en empresas plásticas están destinadas principalmente a procesos por pedido (61%) y producción masiva (31%), respectivamente. Estos dos tipos de procesos se presentan en la industria plástica, ya que uno puede suplir al otro, es decir, las demandas del plástico son fuertes, y varias de las empresas se han visto en la necesidad de mantener por inventario con el fin de cumplir las necesidades de los clientes.

En el desarrollo de los pronósticos la forma cualitativa es la más representativa con un 50%, y el no uso de pronósticos y los métodos cuantitativos comparten el 50% restante. Las empresas plásticas se rigen de juicios o técnicas subjetivas, basados en opiniones. El alto uso de pronósticos en forma cualitativa y más ampliamente representado en la utilización del método del juicio individual, demuestra que la selección del manejo o proyección de las demandas en empresas plásticas, es basado en la experiencia que han adquirido los encargados de la producción y del estudio observado del cambio de sus demandas en un transcurso de tiempo determinado.

El 32% de las empresas emplean los modelos cuantitativos, realizando pronósticos con modelos estacionales, promedio móvil simple y promedio móvil ponderado en un bajo grado de utilización. Se puede decir entonces que los modelos cuantitativos son poco conocidos ya que su utilización es baja y puede deberse no solamente por el desconocimiento de paquetes informáticos que agilizan las operaciones, sino también por lo complejo que les pueda parecer el uso de los paquetes a las personas encargadas de la producción.

El 89.47% de las empresas tienen una utilización media de la carta de procesos. Estas empresas a la vez expresaron registrar sus tiempos de procesos. Las 4 empresas restantes equivalente a un 10.53% no poseen

documentación alguna de las cartas de procesos, definen también que no llevan algún registro de sus tiempos de procesos. Las empresas poseen una deficiente definición de sus procesos, esto puede deberse a que muchos de sus artículos no requieren de mucha manipulación y a que la forma de procesarlos es rápida y directa, tal como se da en muchos procesos plásticos.

Del total de la muestra representativa, 34 de las empresas equivalente al 89.47% poseen un grado de utilización medio del plan de trabajo. A la vez expresaron registrar sus tiempos de procesos. Las 4 empresas restantes equivalentes al 10.53% no realizan estudio de métodos y tiempos y expresan también que no llevan registro alguno de sus tiempos de procesos.

De los últimos análisis realizados acerca de la variable Registro de tiempo de procesos y su relación con las otras estudiadas, se puede concluir que en las empresas plásticas es de gran utilidad poseer un plan de trabajo y realizar un estudio de métodos y tiempos. Además, es muy importante para ellas el registrar sus tiempos de procesos, aunque no se utiliza en un 100%, lo cual conlleva pensar que falta mucho trabajo al respecto.

Los sistemas de control de la producción son muy importantes para realizar adecuadamente el proceso productivo de toda empresa manufacturera. Sin embargo, esto no se ve reflejado en el estudio analizado, ya que el 50% de las empresas encuestadas no emplean ninguno de los sistemas mencionados. 26.32% de las empresas presentan la utilización de métodos mixtos, donde involucran sistemas tales como el MRP y justo a tiempo, Kanban, entre otros. Otro número representativo (13.16%) emplean el sistema MRP, ya que éste es un enfoque lógico y de fácil comprensión del problema de determinar gran número de partes, componentes y materiales necesarios para producir cada artículo.

Del total de la muestra representativa, 50% de las empresas no poseen ninguno de los sistemas de control de la producción, y éstas empresas poseen un nivel casi nulo de la utilización de la Cantidad económica de pedido (EOQ). El 10,53% de las empresas que poseen un sistema Justo a tiempo, poseen una utilización media del EOQ.

Las 10 empresas equivalentes a un 26.32% que trabajan con sistemas mixtos, presentan un nivel mediano en la utilización del modelo de stock de seguridad. Igualmente, las empresas que trabajan con el sistema Justo a tiempo, también poseen una utilización media del stock de seguridad.

Puede deducirse entonces, que las empresas con sistemas tales como el Justo a tiempo y el sistema mixto (combinación de los otros métodos existentes), poseen una implementación significativa para el control de los niveles de inventarios, aunque no son los mejores.

El estudio demuestra que las variaciones de la demanda se presentan al año con más frecuencia mensualmente (37%), seguida por frecuencias de temporada (32%). Las variaciones de la demanda por temporada son dadas por las exigencias y demandas que se presentan en el mercado. Las variaciones de la demanda semanal y semestralmente son muy bajas (5% y 8% respectivamente).

El 100% de las empresas utiliza alguna de las técnicas matemáticas (análisis estadístico en planeación, simulación, programación lineal, teoría de inventarios, PERT/CPM, programación dinámica) en bajo grado de

utilización. Esto representa el poco conocimiento que se tiene acerca de estas técnicas y/o porque no es necesario el empleo de estas, ya que no aplican en las empresas plásticas. Entre las ventajas que ofrecen las técnicas matemáticas está la optimización de los recursos, además de que resuelven una gran variedad de problemas de administración de operaciones. También se pueden utilizar para resolver problemas por etapas o marcos de tiempo, como se da en la programación dinámica.

El 61% de la población utiliza herramientas manuales y tan sólo el 39% restante utiliza herramientas computarizadas. El computador aún no es parte esencial en los procesos de programación, planeación y control de la producción para la industria del sector plástico, ya que las herramientas manuales predominan sobre el computador. Esto puede deberse a que el manejo de los sistemas de producción en el sector plástico se realiza de manera empírica. Además como se sabe, la encuesta está dirigida a un sector de infraestructura y recursos limitados, que puede ser una restricción para la adquisición de tecnologías informáticas.

El director de planta representa un 59.09% de las 22 empresas que emplean software para el departamento de producción, y el 40.91% restante están representados por personas que aunque pertenecen a otras áreas también están involucradas en los procesos productivos. Esto implica que el personal encargado para el manejo del programa no está especializado propiamente en las actividades de producción, conduciendo a posibles problemas en la planeación, programación y control de la producción.

Un 47.36% de las empresas maneja algún tipo de software para la planeación de recursos. Sin embargo, estos software se utilizan en grados que oscilan entre la mediana y alta utilización para los recursos de programación, planeación y control de la producción y el manejo de materiales. Se observa también que existe poca utilización para el manejo de compras y abastecimiento y para el manejo del transporte y su distribución. No se posee entonces, un software aplicado para la planeación de recursos.

Las tecnologías informáticas utilizadas en el proceso de la cadena de suministros son de muy poca utilización en empresas plásticas. En la actualidad el sector plástico no cuenta con la tecnología suficiente para integrar las actividades de la cadena de suministros, parte fundamental para el buen desempeño de los procesos productivos de una empresa. El 49.88% de las empresas no utilizan tecnologías informáticas para integrar las actividades de la cadena de abastecimientos y el 50.12% restante las utiliza en bajo grado de utilización.

Las tres razones más significativas para la no utilización de una herramienta computarizada en el 50% de las empresas se debe en orden descendente, a que no existe un software, los costos elevados de los programas o software no lo permiten y a la falta de conocimiento de estos.

Los paquetes genéricos (29%) y la no utilización de ningún sistema de información (29%) en las empresas son los más frecuentes, demostrando una vez más que el uso del computador es muy pobre en este sector. No existe contratación de software por parte de las empresas, por la misma razón de que no lo utilizan.

Las herramientas computarizadas para planear la producción son de muy baja utilización en las empresas plásticas, solo el 50% de ellas cuentan con algún tipo de sistema, siendo el Excel la más utilizada entre estas pero no en un rango de alta utilización. Esto refleja lo dicho anteriormente, en donde las herramientas computarizadas no son representativas para el sector plástico y que este se rige de procesos empíricos y manuales.

Para la programación de la producción solo un 50% de las empresas plásticas presentan un uso de herramientas computarizadas. El Excel sigue siendo la herramienta más representativa entre todas las herramientas existentes para la programación, sin embargo, las herramientas manuales tienen un poco más alto grado de utilización.

El 71.05% de las empresas plásticas emplean de alguna forma el computador en labores como pronósticos, planeación, programación, control de calidad e inventarios. Debido a que el computador se emplea en los procesos mencionados, con un grado de utilización bajo para la ejecución de actividades en el departamento de producción, indica que el computador es pobremente utilizado en los procesos productivos, afirmando puntos anteriormente expuestos. El bajo grado de utilización del computador para las actividades de planeación, programación, control de la calidad, pronósticos, pueden arrojar resultados buenos para una compañía, aunque no los mejores ya que el uso del computador puede contribuir a trabajar en tiempos más cortos, a mejorar la calidad consistente de los productos, mantener un control confiable de los procesos y puede establecer el manejo de la cantidad de niveles de inventarios de forma casi instantánea, caso que no se da con las herramientas manuales.

En la programación de la producción se pueden encontrar problemas tales como el que existan muchas referencias, cambios de referencias lentos, cuellos de botellas móviles, problemas con los proveedores, reprocesos y fallas mecánicas. En el estudio se realizó un análisis acerca del grado de afectación de los problemas mencionados, y se encontró que el grado de afectación para las tareas productivas eran bajos, siendo el problema de presentar cuellos de botella el que más alto grado de afectación producía. Esto indica que el cuello de botella debe ser utilizado como punto de control para garantizar que no se cree un inventario excesivo en proceso.

Las tres grandes necesidades que las empresas esperan tener para el buen manejo de la producción es un software que cumpla con las necesidades propias para la planeación, programación y control de la producción (24%), sea eficiente (19%) y de fácil manejo (17%).

Puede deducirse, que la experiencia en los procesos por parte del personal de producción (83% de las empresas que no utilizan computador en el área de producción) y además, la influencia de la configuración lineal (63.16% de las empresas) para la elaboración de productos plásticos, donde se presenta la estandarización de productos, hacen que no sean significativas las decisiones de cantidad en cuanto a modelos estáticos y dinámicos de tamaño de lote. Existe además una independencia de las empresas ante los procesos productivos. Estas empresas no se basan en un plan de producción desarrollado, sino que generan estimaciones de la demanda del producto a través de la práctica y experiencia alcanzados, como ha sido mencionado.

Logró validarse por medio de la encuesta que las empresas seleccionadas a través de la muestra pertenecían al sector PYMES, ya que el valor de activos registrado en las encuestas se encontraba en el rango comprendido para estas empresas, el cual está determinado bajo los parámetros de la Cámara de Comercio de Medellín. El 78.98% de las empresas se encontraban en el rango de activos perteneciente a las PYMES, el 21.02% restante no se ubicó en este rango debido a que el registro dado por la Cámara de Comercio no poseía los datos acertados del nivel de activos que estas poseían.

A continuación se observa la información concerniente a las fortalezas y debilidades de las pequeñas y medianas empresas del sector plástico en cuanto a herramientas empleadas en la planeación, programación y control de la producción.

## SECTOR PLÁSTICO

Debilidades y fortalezas del sector plástico de las pequeñas y medianas empresas del sector plástico en Medellín y su Área Metropolitana en cuanto a herramientas empleadas en la planeación, programación y control de la producción.

FORTALEZAS	% DE EMPRESAS QUE LAS POSEE	FORMAS Y/O ALTERNATIVAS DE MEJORA
Crecimiento de las exportaciones en las empresas plásticas.	36.84%	El crecimiento de las exportaciones en la industria plástica ha aumentado, aunque a niveles muy bajos. Se espera entonces que con la mejora de sus procesos productivos se produzca un mayor auge en sus exportaciones.
Utilización del sistema productivo	63.16%	El 63.16% utiliza el sistema lineal, el cual es el más adecuado en esta empresa por las características que aporta a los productos elaborados en esta industria.
Alta utilización del registro de tiempo de los procesos.	89.47%	Indicar al 10.53% de las empresas que no realizan este proceso, que éste registro es necesario para la programación y control de sus actividades.
Alta utilización de la lista de materiales.	89.47%	Se debe continuar con la utilización de este tipo de documentación ya que proporciona un control para la elaboración del producto final.
Identifican las razones por las cuales no poseen un software para la planeación de la producción.	50%	Las empresas identificaron las razones más significativas por las cuales no utilizan una herramienta computarizada para la planeación de la producción. Al identificar estas razones pueden encontrarse alternativas de mejora.

DEBILIDADES	% DE EMPRESAS QUE LAS POSEE	FORMAS Y/O ALTERNATIVAS DE MEJORA
No se tiene claridad acerca de las ventajas y desventajas de los sistemas productivos	100%	Las empresas presentan contradicciones en la elección de sus sistemas productivos, ya que eligen un sistema en batches por costos y/o un sistema lineal por flexibilidad, cuando en realidad están son las desventajas de estos sistemas. Por tal razón se debe capacitar a las personas para que puedan reconocer un sistema productivo, junto a sus ventajas y desventajas.
El personal encargado para el manejo del programa para el departamento de producción está poco capacitado para la realización de estas labores.	40.91%	El personal debe ser capacitado técnica y operativamente, además sería ideal que estas personas tuvieran conocimientos sobre producción.
Bajo empleo de pronósticos cuantitativos	32%	Brindar el conocimiento acerca de éstos pronósticos y las herramientas de cómo utilizarlos.
La no utilización de ningún tipo de pronóstico	18%	Brindar el conocimiento acerca de éstos pronósticos y las formas y métodos en que se divide, al igual que las herramientas de cómo utilizarlos.
El no empleo de sistemas de control para la producción	50%	Indicarle a las empresas que el sistema de producción es indispensable para éstas, ya que su máxima es contribuir a la continua y creciente satisfacción de los clientes, cumpliendo con otros objetivos derivados, los cuales son entregar un producto con calidad, al menor tiempo y costo posible.
Muy baja utilización del EOQ y SS en sistemas que no poseen sistemas de control de la producción	50%	Las empresas deben trabajar con algún sistema para el control de los inventarios, de acuerdo a la demanda con que se trabaje y al objetivo que desean alcanzar. Se debe tomar una decisión del método a seleccionar correspondiente a los puntos expuestos y se debe conocer continuamente su aplicación.

DEBILIDADES	% DE EMPRESAS QUE LAS POSEE	FORMAS Y/O ALTERNATIVAS DE MEJORA
Utilización media de las técnicas matemáticas para los proyectos de planeación, programación y control de la producción	100%	Aunque el 100% de las empresas ha utilizado aunque sea una de éstas técnicas, el empleo de las técnicas no es constante, sino esporádico. Se debe entonces, tratar de conocer más modelos y tratar en lo posible de ser más constantes en su aplicación.
Bajo empleo del computador en procesos de planeación, programación y control de la producción	39%	El 61% de las labores de la planeación, programación y control de la producción en empresas plásticas aún se realizan de manera manual, es por lo tanto necesario que se conceda información a los encargados de la producción de las ventajas que pueden aportar los sistemas informáticos.
El pobre uso de tecnologías informáticas para integrar las actividades de la cadena de abastecimientos	49.88%	Se requiere aumentar el uso de tecnologías informáticas para las actividades de la cadena de abastecimiento, ya que esta representa el inicio del proceso de producción y si no existe materia prima, no hay producto terminado ni clientes satisfechos.

## BIBLIOGRAFÍA

VOLLMANN, Thomas E. Sistemas de planificación y control de la fabricación. Ciudad de México:1997. 281 p.

\_\_\_\_\_. Ciudad de México:1997, 125 ,126,139 p.

\_\_\_\_\_. Ciudad de México:1997, 176 - 177p.

\_\_\_\_\_. Ciudad de México:1997, 25,184 p.

AQUILANO, Nicholas J; CHASE, Richard B y JACOBS F. R. Administración de producción y operaciones. México: Mc Graw Hill, 2000. 82 - 117 p.

\_\_\_\_\_. México: Mc Graw Hill, 2000. 261 - 283 p.

\_\_\_\_\_. México: Mc Graw Hill, 2000. 629 p.

RUSELL, Roberta S Y TAYLOR, Bernard W. Operations Management. United States: Prentice Hall, 2000. 236 -238 p.

\_\_\_\_\_. United States: Prentice Hall, 2000. 657 p.

\_\_\_\_\_. United States: Prentice Hall, 2000. 655 p.

\_\_\_\_\_. United States: Prentice Hall, 2000. 669 p.

\_\_\_\_\_. United States: Prentice Hall, 2000. 448 p.

SIPPER, Daniel y BULFIN Jr, Robert. Planeación y control de la producción. México: Mc Graw Hill, 1998. 45 p.

\_\_\_\_\_. México: Mc Graw Hill, 1998. 335 p.

\_\_\_\_\_. México: Mc Graw Hill, 1998. 336 - 348 p.

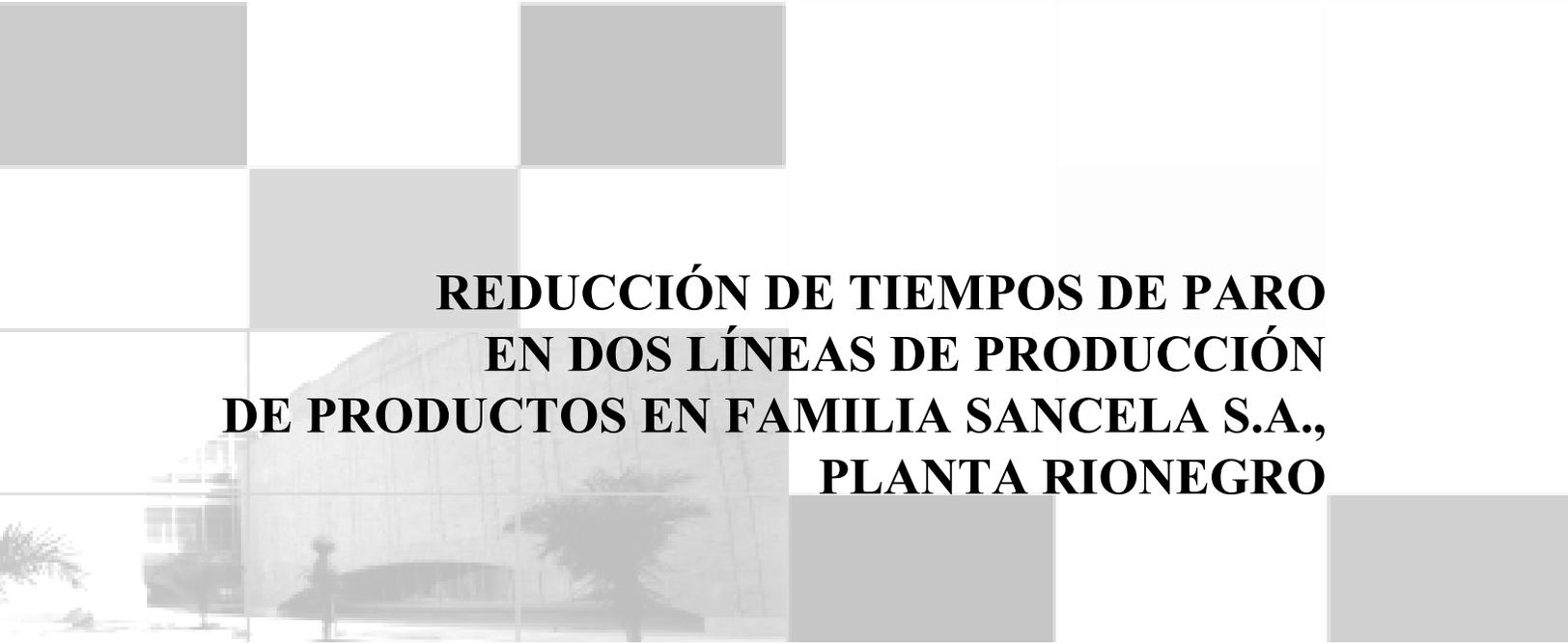
\_\_\_\_\_. México: Mc Graw Hill, 1998. 345 p.

\_\_\_\_\_. México: Mc Graw Hill, 1998. 362 p.

CABREJOS, Belisario. Investigación de mercadeo. Medellín: editorial EAFIT, segunda edición 1987. p. 108, 285.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de trabajos. Quinta actualización. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002. 126 p. NTC 1486.

ARDILA, Luz Adriana y ANGARITA Alix Johanna. Estudio y evaluación de las estrategias de manufactura en el sector de inyección de plástico en la ciudad de Medellín. Medellín, 2003, 128 p. Proyecto de grado (Ingeniero de producción). Universidad EAFIT. Departamento de producción.



# REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE PARO EN DOS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS EN FAMILIA SANCELTA S.A., PLANTA RIONEGRO

ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN - 2003  
PROYECTO DE GRADO - UNIVERSIDAD EAFIT

## AUTORES

NATALIA ISABEL GÓMEZ GIL. [ngomezgi@eafit.edu.co](mailto:ngomezgi@eafit.edu.co)  
ANA MARÍA URIBE SALDARRIAGA. [auribe@eafit.edu.co](mailto:auribe@eafit.edu.co)

## ÁREA DE ÉNFASIS

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

## ASESOR

JAVIER MAURICIO QUINTERO ESPAÑA Ingeniero Mecánico de la UPB  
Jefe de Producción, Productos Familia Sancelta S.A., Planta Rionegro  
[javierqe@familia.com.co](mailto:javierqe@familia.com.co)



## RESUMEN

En la actualidad, una de las claves para que una empresa pueda aumentar la calidad del producto y la rapidez con la cual se desarrollan los bienes y servicios sin incrementar los costos, consiste en identificar y eliminar todas las actividades sin valor agregado e incrementar la rapidez con la que se desarrollan y elaboran los productos. El mejoramiento continuo es una serie de cambios pequeños, incrementales a largo plazo y, en su mayor parte, no significativos. No se necesitan grandes desembolsos de capital, sino una gran dosis de esfuerzo continuo y el compromiso de todos en la empresa.

En este proyecto de grado, por medio de la implementación de una nueva metodología para el cambio de producto, basada en el Manual de Cambios para dos líneas de producción de Productos Familia Sancela S.A., Planta Rionegro, se logra la disminución de los tiempos de paro generados por el arranque de Máquina.



## ABSTRACT

Currently, one of the keys for a company to increase product quality and also the rate at which goods and services are developed, without increasing costs, consists in identifying and eliminating all the activities that do not add value to the final products, and increasing the pace at which products are developed and manufactured. Continuous improvement consists of a series of small, unnoticed, escalating changes achieved in a long period of time. It is not necessary to invest great amounts of money but a huge dose of effort and commitment of all the employees and staff.

In this project the reduction of stop times generated during machine startup is accomplished through the implementation of a new methodology for machine setup based on Setup Manuals for two production lines at Productos Familia-Sancela S.A., Rionegro Plant.



## PALABRAS CLAVES

Mejoramiento continuo, tiempo de paro, arranque de maquina, cambio de producto y manual de cambios.



## KEYWORDS

Continuous improvement, stop time, machine startup, machine setup, setup Manual.



## INTRODUCCIÓN

Productos Familia Sancela S.A., Planta Rionegro, es una organización dedicada a la fabricación y comercialización de productos sanitarios. su objetivo primordial es satisfacer al cliente proporcionándole productos que satisfagan sus expectativas de calidad y precio.

Productos Familia Sancela S.A., nació en 1985 como resultado de la unión de esfuerzos entre productos familia s.a. y la firma Sueca Molnlycke, actualmente el grupo Sca (Svenska Cellulosa Aktiebolaget). por su rápido crecimiento y debido a la necesidad de especializar su negocio, se construyó una sede propia en el municipio de rionegro, antioquia, en 1989. a partir de esa fecha, hasta hoy, la empresa ha venido en un proceso de evolución y mejoramiento, llegando a ser en el presente, una empresa de categoría mundial.

El éxito de las compañías de categoría mundial radica en poseer elevados estándares de calidad. Por esta razón, el control total de la calidad debe ser aplicado a todos los niveles jerárquicos en una organización, lo que implica un proceso de Mejoramiento Continuo que no tiene final.

En este trabajo se mostrara un ejemplo de Mejoramiento Continuo, ya que se logrará reducir los tiempos de paro después del arranque de maquina mediante la implementación de una metodología de trabajo común para todo el personal encargado de la máquina. Esto será llevado a cabo sin necesidad de invertir capital.

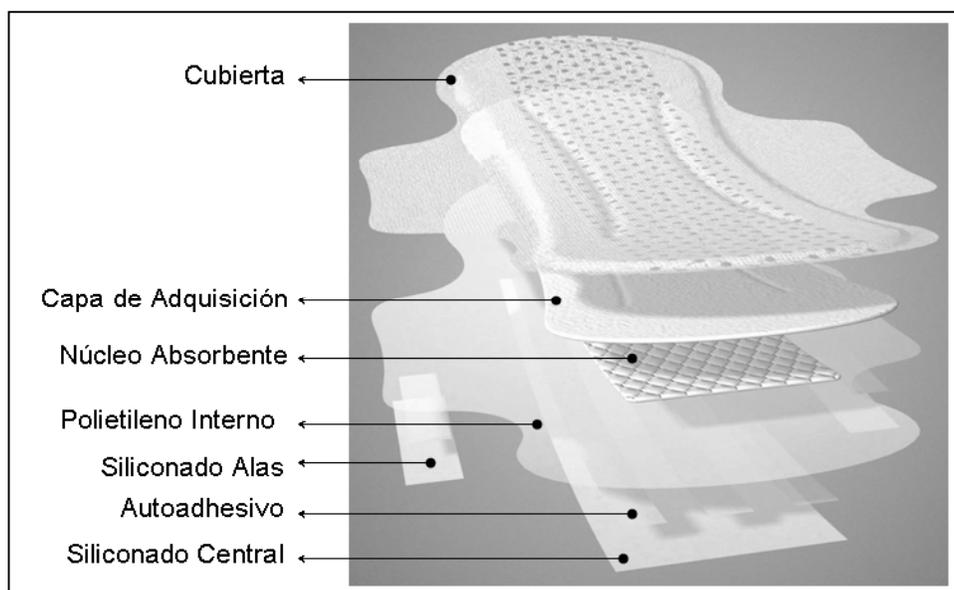
## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

El área de producción se divide en dos grandes salones, con 13 máquinas distribuidas de acuerdo a los diferentes requerimientos de producción. Cada máquina es una línea de producción independiente, ya que en cada una se realiza todo el proceso de transformación de materias primas en producto terminado. En el primer salón se encuentran cuatro máquinas para protectores diarios y una para protectores de lactancia. En el segundo se ubican siete máquinas para la elaboración de toallas higiénicas y una para la producción de productos para la incontinencia, marca Tena. En este salón se encuentran Albert y Sammy 3, las máquinas objetivo en este proyecto.

### 1.1 EL PRODUCTO

Cada uno de los productos está diseñado según las necesidades de los consumidores. Una toalla higiénica, por ejemplo, se compone de (ver figura 1):

**FIGURA 1**  
**Estructura de una toalla higiénica**



- **Cubierta:** Fabricada de tela no tejida o polietileno perforado, dependiendo del producto. Esta capa se encuentra en contacto con la usuaria, por lo tanto está diseñada para no irritar la piel. No deja pasar el flujo al material absorbente, manteniendo la sensación de sequedad.
- **Núcleo absorbente:** Hecho de pulpa de fibra de madera. Algunas veces se le adiciona superabsorbente. Su función es absorber y retener los fluidos corporales.
- **Capa de Adquisición:** Puede estar hecha de *sublayer* o *airlaid*. Se encarga de transferir los fluidos, de manera dosificada, al núcleo absorbente.

- **Polietileno Interno.** Actúa como barrera para contener el fluido, impidiendo que el flujo manche la prenda interior de la usuaria.
- **Adhesivo de construcción:** Fija las diferentes capas de material.
- **Autoadhesivo:** Fija el producto a la prenda interior de la usuaria.
- **Siliconado central y siliconado alas:** Protegen la película de autoadhesivo aplicada sobre el polietileno interno.

## 1.2 EL PROCESO DE FABRICACIÓN

El proceso de fabricación para una toalla higiénica se inicia cuando la lámina de pulpa de fibra de madera es transportada al molino, donde es convertida en un fino subproducto, suave, como motas de algodón. A través de ductos ventilados, la pulpa hace su recorrido a una velocidad de 80 Km. /hora. De esta manera, la pulpa llega hasta un tambor de formación que está provisto de cavidades a modo de moldes; así el núcleo absorbente toma la forma y el volumen adecuado. Un tambor de vacío recibe los núcleos y los pasa a la banda transportadora, que mediante un sistema de succión, conserva el núcleo fijo durante el recorrido. El núcleo absorbente pasa por varios procesos de compresión; luego se realiza el proceso de ensamble, donde el núcleo es recubierto por tres sustratos: el polietileno interno en la parte superior y la cubierta y la capa de adquisición en la parte inferior. Los anteriores son recubiertos con el adhesivo de construcción para formar un ensamble. El ensamble continúa su recorrido por la banda transportadora hasta un rodillo, que provisto de unos patrones, le imprime un diseño en bajo relieve llamado *embossing*. Para garantizar que los componentes de la toalla permanezcan unidos, se realiza un selle lateral o *sealing*, mediante un juego de rodillos que presiona el contorno del producto. En el siguiente paso, se fija al producto el papel siliconado, tanto en la parte central como en las alas, por medio del adhesivo. Continúa su recorrido hasta encontrar un troquel rotativo que lo corta para darle la forma de la toalla deseada. Al finalizar el recorrido por la banda transportadora, cada toalla se dobla y se envuelve, para luego empacarla de acuerdo a las diferentes cantidades y presentaciones. Finalmente, cada referencia es transportada a la bodega de producto terminado para ser distribuida a los diferentes mercados, tanto a nivel nacional como internacional.

## **2. TIEMPOS DE PARO COMO BASE PARA INDICADORES DE GESTIÓN**

Un tiempo de paro en la máquina no es más que un desperdicio; entendiendo por desperdicio todo aquello representado en personal, tiempo, equipo, material, repuestos y espacio requerido que no genera valor agregado al producto. Los tiempos de paro innecesarios en la máquina traen algunas de las siguientes consecuencias:

- No poder establecer precios competitivos, ya que los costos del desperdicio y del reproceso son finalmente asumidos por el comprador o por la compañía.
- Retraso en tiempos de entrega, lo que significa costos adicionales en transporte inmediato que garantice la entrega del producto en forma oportuna.
- Problemas de calidad, que llegarán finalmente al cliente, a pesar de que sean aplicados métodos de inspección rigurosos al producto.
- Reducción de la capacidad disponible para fabricar producto de excelente calidad.

Los tiempos de paro no planeados ocurren durante el proceso productivo en la máquina a causa de un mal desempeño de la misma; dando lugar a desperdicio y reproceso de producto, reducción en la velocidad de la máquina, ajustes innecesarios, y una serie de intentos de arranque fallidos antes de que el proceso se estabilice. Todas estas condiciones pueden ser atacadas desde el alistamiento o preparación de la máquina.

El tiempo de alistamiento o de preparación de una máquina, es el tiempo transcurrido desde que se produce la última unidad de calidad de un tipo de producto hasta que se produce la primera unidad de calidad de otro diferente. Este tiempo lo constituyen una serie de actividades, tales como limpieza de los elementos, búsqueda de útiles y herramientas, calibración del equipo, verificación de parámetros, pruebas y ajustes. Cabe anotar que algunas de estas actividades son realizadas con la máquina operando, y aun así, hacen parte del tiempo de alistamiento de la máquina.

Uno de los factores fundamentales que se requieren para lograr un alistamiento efectivo de la máquina, es la presencia de un sistema de información al alcance del personal operativo, el cual está encaminado a proporcionar los parámetros y datos precisos que lleven a la aplicación de una metodología confiable. Lo anterior puede ser proporcionado gracias a técnicas sencillas conocidas como “Sistemas de Documentación Visual”, que comunican la información necesaria y específica rápidamente, debido a que se encuentra cerca del lugar de trabajo. Los datos utilizados en la elaboración de la información deben ser lo más fiables posible, es decir, el diseño de la documentación visual de procedimientos de trabajo ha de ser tal que los operarios y encargados la encuentren sencilla y estandar, ya que sólo así se podrán obtener datos útiles y fiables.

### 3. ARRANQUES DE MÁQUINA

En Productos Familia Sancela S.A., Planta Rionegro, existe una cultura de medición que tiene como base los Indicadores de Gestión. Los indicadores de gestión, son una herramienta que ayuda a la organización a mantener una evaluación de los resultados de todos sus productos y procesos. La importancia de estos indicadores radica en que sólo es posible mejorar aquello que se puede medir.

Se observó que la base para el cálculo de todos los indicadores de gestión son los tiempos de paro. Por esto, la empresa diseñó una base de datos denominada “Tiempos de Paro”, en donde se consignan cada uno de los tiempos de paro de la máquina. Esta base de datos no solo está diseñada para alimentar los indicadores de gestión; también es una fuente que suministra información acerca de los problemas que se están presentando en las máquinas.

De la base de datos “Tiempos de Paro” se observó que el fenómeno arranque de máquina se encuentra en el tercer lugar de importancia en los tiempos de paro, y la empresa aun no le ha dado un tratamiento especial, por lo cual es necesario disminuir dicha participación en este indicador. Por esta razón, el desarrollo de este proyecto se enfoca en la disminución de los tiempos de paro ocasionados por este fenómeno, con miras a una reducción en los tiempos de paro totales de cada máquina. Los arranques de máquina se presentan luego de cualquiera de las siguientes situaciones:

- Arranque después de cambio de producto.
- Arranque después de cambio de presentación de empaque.
- Arranque al inicio de semana.
- Arranque después de mantenimiento preventivo.
- Arranque después de ensayo técnico.
- La mayor cantidad de tiempos de paro durante el arranque de máquina se presentan al iniciar la semana y luego de un cambio de producto; por esta razón el enfoque se le dará a estos dos tipos de arranque.

Al iniciar la semana el personal encargado de realizar el arranque, asea la máquina y realiza una inspección superficial en la cual no verifica los parámetros y la condición en la que se encuentra el equipo, debido a que da por hecho que la máquina no sufrió ningún tipo de modificaciones desde que paró.

Para tratar el arranque de máquina después de un cambio de producto, es necesario mencionar la forma en la que se realiza el cambio de producto o alistamiento de máquina. En el momento de realizar el cambio de producto, el personal perteneciente a una misma área se reparte las funciones de manera arbitraria. Debido a esto, existen algunas funciones que no se sabe con claridad quién las debe realizar. Además, no se tiene una secuencia determinada para realizar las actividades del cambio de producto. Existe, además, una falta de unificación de criterios durante el cambio de producto en los tres turnos de trabajo, es decir, en cada turno se realizan de manera diferente los cambios.

En algunas máquinas se tienen unas hojas, denominadas Fichas de Arranque por el personal operativo, en donde se encuentran algunos parámetros, verificaciones y ajustes para realizar el cambio de un producto a otro; los demás parámetros tratan de recordarlos o los van ajustando en el momento de arrancar la máquina, lo cual trae, en la mayoría de los casos, problemas en el arranque de máquina.

No todo el personal de las máquinas, donde se encuentran Fichas de Arranque, hace uso de ellas, debido a que según ellos no son confiables, pues no están completas y además no existe un procedimiento de actualización adecuado que permita mantener vigente la información contenida en estas fichas. Esta información se ha vuelto obsoleta, lo que al final se resume en una falta de credibilidad por parte de los operarios y mecánicos de máquina en las Fichas de Arranque, llevándolos así a utilizar una serie de procedimientos empíricos que no siempre dan resultado. La información consignada en las Fichas de Arranque está expuesta de una manera poco amigable, lo cual dificulta su interpretación por parte de personal ajeno a la máquina.

## 4. METODOLOGÍA

Con el fin de dar solución a la problemática planteada, se decide crear una metodología apropiada para realizar los cambios de producto y arranques de máquina en Sammy 3 y Albert. Esta metodología de trabajo es guiada por un Manual de Cambios, el cual es una herramienta que contiene toda la información necesaria para realizar el cambio de producto y el posterior arranque de máquina. Como toda herramienta, tiene unas instrucciones de manejo que deben ser seguidas para que se den los resultados esperados.

Para la recolección de la información contenida en los Manuales de Cambio, se partió de la información asociada con los cambios de producto que se encontró en Sammy 3 y Albert, incluyendo las Fichas de Arranque. Al ver que la información estaba desorganizada se realizó un formato, en el cual se dio un orden inicial a la información recopilada. Dicho formato se hizo para cada uno de los cambios de producto en Sammy 3 y Albert con el fin de tener una base para realizar una exploración detallada de los cambios de producto y el arranque de máquina.

Se desarrolló un cronograma de actividades basado en el plan de producción de cada máquina, con el fin de identificar el día y la hora en que se realizaban los cambios de producto. Tomando como base los formatos realizados, se comenzaron a realizar auditorías a cada uno de los cambios de producto y arranques de máquina. Con las auditorías, se logró una identificación general de la estructura y componentes de las máquinas. Se complementó la información, se identificó la secuencia en que se realizan las actividades y finalmente la distribución de tareas entre el personal operativo y mecánico, tanto de Albert como de Sammy 3. Otro aspecto importante que se evaluó fue la actitud del personal frente a su trabajo. También se realizó un seguimiento detallado, durante todos los cambios de producto y arranques de máquina, a los problemas más frecuentes que generan tiempos de paro en el arranque de máquina después de un cambio de producto; esto con el fin de prestarles especial atención, y darles la mejor solución en la nueva documentación que se realizó.

Una vez finalizada la labor de recolección de información se dieron por terminadas las auditorías. Se vio entonces la necesidad de darle un orden a toda la información recolectada para así finalmente estructurar las Fichas de Cambio de Producto y el Manual de Cambios en general. Para esto, se hizo algo muy similar a lo que hacen las 5'S en el lugar de trabajo.

En este caso, a pesar de que los cinco pilares son aplicados de manera totalmente diferente, su significado permanece intacto. A continuación, se definirá cada uno de los pilares y se describirá la función que cumplió cada uno en el proceso de organización del Manual de Cambios.

**PRIMER PILAR: Organización.** La organización, significa retirar de la estación de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las operaciones de producción.

Si se puede retirar del sitio de trabajo objetos materiales que ya no tienen ninguna utilidad, ¿Porqué no se puede hacer lo mismo con la información? De toda la información que se encontraba en las máquinas, ya fuera a mano, en computador o simplemente en bosquejos y gráficos, se seleccionó solo aquella información necesaria para realizar el cambio de producto o el arranque de máquina.

**SEGUNDO PILAR: Orden.** El orden puede definirse como la organización de los elementos necesarios de modo que sean de uso fácil y etiquetarlos para que se encuentren y retiren fácilmente. Luego de agrupar solo la información necesaria, se construyó el Manual de Cambios. Este Manual presenta la información de manera clara, ordenada, amigable y didáctica.

**TERCER PILAR: Limpieza.** La limpieza significa lavar los suelos, limpiar la maquinaria y en general, asegurar que todo permanezca limpio en la fábrica. Mantener el Manual de Cambios limpio significa no incluir información que no pertenezca al manual, además significa no rayarlo al menos que el Team Leader necesite realizar alguna corrección. Con el fin de evitar que se hagan correcciones a mano y para que la información contenida en el Manual de Cambios no se vuelva obsoleta, se implementó un sistema de actualización de los Manuales de Cambio de las máquinas.

**CUARTO PILAR: Limpieza estandarizada.** A diferencia de los demás pilares, la limpieza estandarizada no es una actividad; es el estado que existe cuando se mantienen los tres primeros pilares. Se requiere mantener el Manual de Cambios como fue entregado el primer día y constantemente actualizar la documentación contenida en este, con el fin de cumplir con el pilar de la limpieza estandarizada.

**QUINTO PILAR: Disciplina.** Disciplina significa convertir en hábito el mantenimiento apropiado de los procedimientos correctos. Cumplir con el quinto pilar significa realizar el procedimiento de actualización de los documentos pertenecientes al Manual de Cambios y realizar todas las instrucciones descritas allí, sin omitir ningún paso.

## **5. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL**

Para que la implementación de un nuevo proceso, como es el de utilización y actualización de los documentos del Manual de Cambios, dé los resultados esperados, es necesario cambiar la manera de pensar del personal, para que empiecen a trabajar de manera diferente, por lo cual, antes de implementar la nueva herramienta, el personal encargado de manejar dicha documentación recibió 4 horas de capacitación. El objetivo general de esta capacitación era “convencer” al personal de la importancia del proceso de verificación de los documentos del Manual de Cambios y la relación directa de este proceso con varios factores, como son los tiempos de paro, el desperdicio, los costos de producción, el desgaste del personal, la seguridad, entre otros. Para poder cumplir con este objetivo, en la capacitación se trataron los siguientes temas:

### **5.1 PROCESO DE CRECIMIENTO DE LA EMPRESA**

En un principio, los niveles de desperdicio de la empresa oscilaban entre el 8% y 10%. Para disminuir tan elevado porcentaje, se introdujo nueva tecnología (cambio de maquinaria), que además de disminuir dicho porcentaje a un 6%, trajo grandes avances y mejoras en el proceso productivo.

Hoy en día, los indicadores de gestión presentan resultados tan favorables que a cualquier problema se le encuentra solución afinando detalles (mejoramiento continuo). Sin embargo, se continúa trabajando constantemente con el fin de encontrar y darle solución a estos problemas, que por muy simples que parezcan, son los que impiden a la empresa ser más eficiente y productiva.

### **5.2 HISTORIA DE LA DOCUMENTACIÓN ASOCIADA A LOS CAMBIOS DE PRODUCTO**

En un principio, surgió la necesidad de comenzar a documentar la información para no correr el riesgo de olvidarla, por lo cual, cada operario de máquina se hizo responsable de sus anotaciones y de la forma particular de realizar los procedimientos. El tener la información personalizada trajo como perjuicio, la diferencia de criterios entre el personal del equipo de trabajo, lo que finalmente se vio reflejado en el momento de operar la máquina. Por lo anterior, se concluyó que se hacía necesario plasmar la información en un conjunto de documentos, donde se tuvieran consignados los parámetros generales para realizar los arranques de máquina.

### **5.3 DOCUMENTOS PARA EL ARRANQUE Y PUESTA A PUNTO DE UN AVIÓN UTILIZADOS EN UNA EMPRESA DE AVIACIÓN**

Para el arranque de un avión, se emplean todo tipo de documentos, entre estos las Listas de Chequeo de Arranque, para verificar que todos los equipos y variables estén en orden antes de encender motores. Estas listas de chequeo son diseñadas de modo que un miembro de la tripulación no debe de apoyarse en su memoria para chequear los ítems y para eliminar la confusión en la cabina durante el rodaje, ascenso y aproximación final del avión, ya que está comprometida la seguridad del vuelo.

Con esta experiencia, se corroboró la necesidad de implementar las Fichas de Cambio de Producto y las Listas de Chequeo de Arranque con el fin de evitar gastos de tiempo, personal y dinero innecesarios, entre otras cosas. También se concluyó que el proceso de verificación de estos documentos se debe convertir en algo cotidiano que no requiera ningún tipo de auditoría.

#### 5.4 IMPORTANCIA DE LA VERIFICACIÓN DE LAS LISTAS DE CHEQUEO DE ARRANQUE Y LAS FICHAS DE CAMBIO DE PRODUCTO

La figura 2 muestra las ventajas obvias (segundo nivel de la pirámide) y las no tan obvias (primer nivel de la pirámide) que traería el darle un uso adecuado a la documentación contenida en el Manual de Cambios.

**FIGURA 2**  
**Pirámide de incidencia del Manual de Cambios**



Las Ventajas que trae un uso adecuado del Manual de Cambios son:

**Tiempo de paro:** Disminución del tiempo de paro, generando así un aprovechamiento total del tiempo disponible para la fabricación de los productos.

**Desperdicio:** Disminución en el desperdicio, pues todos los parámetros del manual fueron diligenciados correctamente; en consecuencia se presenta menor probabilidad de obtener producto no conforme.

**Desgaste del personal:** El personal no se verá en la necesidad de desgastarse ni física ni mentalmente, ya que la máquina trabajará libre de cualquier problema generado por fallas en su preparación.

**Productividad:** Aumento de la productividad. La productividad está expresada como la razón entre “output” (resultado del proceso) e “input” (entradas al proceso). Los tiempos de paro tienen una gran incidencia sobre la productividad, ya que de estos depende directamente la variable “input”. Por lo tanto, la disminución de la variable tiempos de paro aumenta directamente la productividad.

**Costos:** Con un arranque exitoso, la empresa ya no tendrá que asumir los costos generados por aquellos tiempos de paro que se presentan durante el arranque de máquina.

**Reclamos de Consumidoras:** El obviar alguna verificación en el proceso de cambio de producto, puede traducirse en defectos que llegan finalmente al consumidor.

## **5.5 OBSERVACIONES DEL PERSONAL OPERATIVO Y MECÁNICO DE LAS MÁQUINAS**

En la capacitación, se dio un espacio para que el equipo de trabajo de la máquina, retroalimentara acerca de los inconvenientes que se presentaban en los arranques de máquina. A continuación, se mencionan las observaciones más representativas:

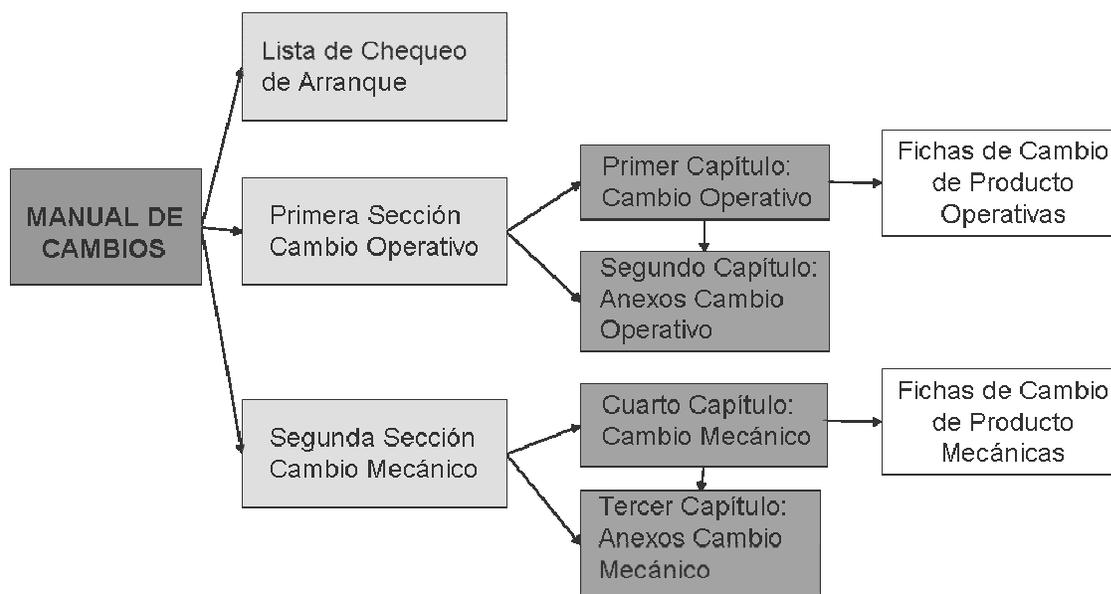
Los operarios técnicos, siendo los responsables directos de la máquina, piden que los mecánicos de brigada que se muestren más comprometidos con el trabajo.

La ausencia por parte de los técnicos electrónicos en el momento de la preparación de la máquina, ha llevado a que los operarios técnicos aprendan a realizar las operaciones que exclusivamente le corresponden a los electrónicos. Los instrumentos de medición de parámetros deben ser estandarizados, con el fin de no entrar en confusión.

## 6. MANUAL DE CAMBIOS

El Manual de Cambios se encuentra dividido en dos secciones. La primera va dirigida al personal operativo de la máquina; y la segunda, al personal de mantenimiento mecánico, ya que en el proceso de cambio de la máquina, interviene personal tanto mecánico como operativo y ambos realizan funciones diferentes (ver figura 3).

**FIGURA 3**  
**Estructura del Manual de Cambios**



El equipo de operarios y el equipo de mecánicos se dividen el trabajo entre los de su grupo, pero ambos trabajan simultáneamente en la máquina, por lo cual, el tener que depender de una misma ficha de cambio, sería una limitante a la hora de realizar el cambio de producto. Por esta razón, para un mismo producto, se hizo una **Ficha de Cambio de Producto Operativa** y una **Ficha de Cambio de Producto Mecánica**.

### 6.1 FICHA DE CAMBIO DE PRODUCTO

Una Ficha de Cambio de Producto es un documento en donde se encuentra toda la información necesaria para realizar un cambio de producto en una máquina. Dicha ficha, dependiendo de si es mecánica u operativa, contiene la información respectiva para realizar el cambio de producto.

Con el fin de realizar un diseño adecuado de las Fichas de Cambio de Producto, como primera medida, se identificaron las necesidades de los usuarios. Estas necesidades se convirtieron finalmente en características de diseño de la ficha.

**TABLA 1**

## Características de diseño de la Ficha de Cambio de Producto

NECESIDAD	CARACTERÍSTICA DE DISEÑO
Cuando llegue personal externo a la máquina para realizar el cambio de producto, este debe estar capacitado para manejar las Fichas .	Diseño estándar de la ficha para todos los cambios de producto en las dos máquinas.
Lo que está escrito en la ficha debe ser interpretado de la misma manera por todo el personal involucrado en el cambio de producto.	La información debe estar dispuesta en la Ficha de Cambio de Producto de manera clara, concisa y completa
La ficha será objeto permanente de crítica y sugerencias, por lo cual está sujeta a cambios constantes.	Se debe implementar un sistema de actualización rápida
Cada ítem de la Ficha de Cambio de Producto debe ser fácilmente ubicado en la máquina.	La Ficha de Cambio de Producto debe contener un esquema de la máquina dividido por zonas de diferente color.

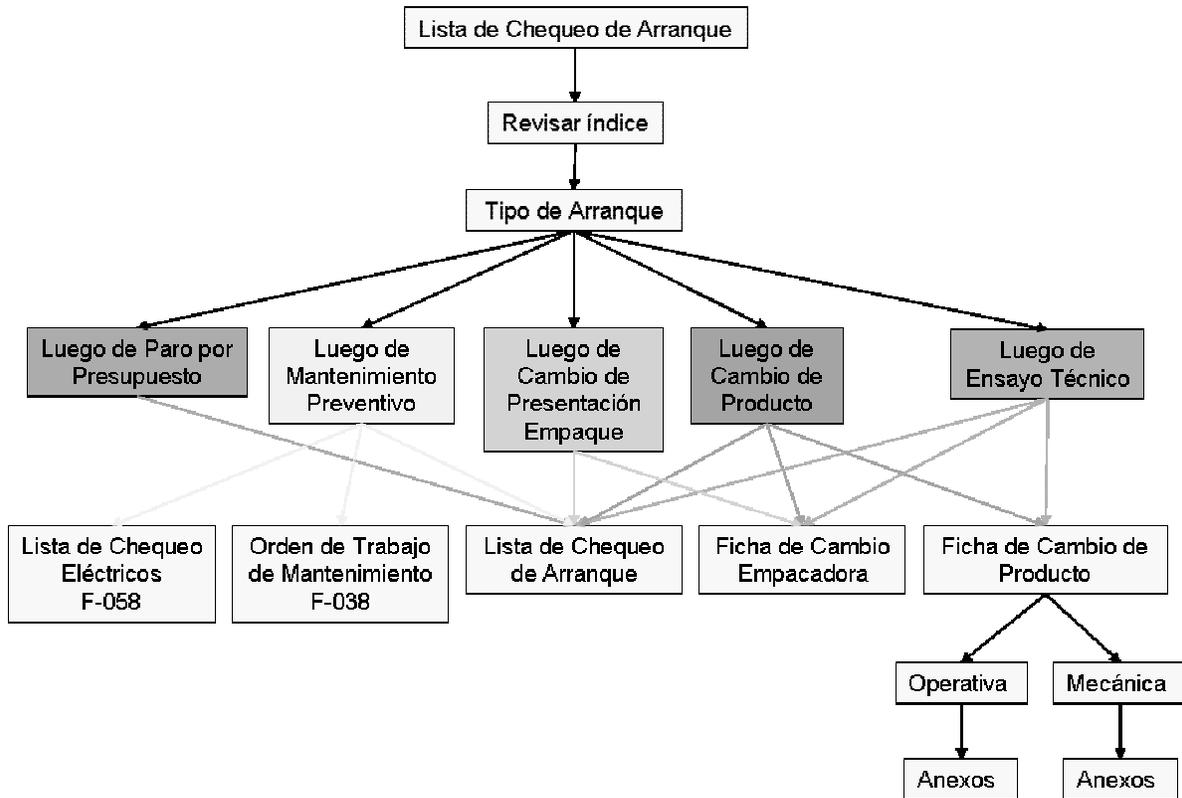
### 6.2 ANEXOS DE LA FICHA DE CAMBIO DE PRODUCTO

Un anexo explica en detalle lo que se debe realizar en un ítem determinado. Para que un anexo pueda suministrar la información de la manera más precisa, simple y a la vez profunda, la información debe presentarse de manera gráfica. Por esta razón los anexos fueron diseñados con un dibujo o fotografía de la parte a modificar, y al pie del gráfico, una tabla donde se presentan todos los parámetros que se deben tener en cuenta de la parte a modificar para cada producto.

### 6.3 LISTA DE CHEQUEO DE ARRANQUE

La Lista de Chequeo de Arranque es la base de todo el sistema de documentación del Manual de Cambios. Una Lista de Chequeo de Arranque, es un documento que contiene una serie de verificaciones que se deben realizar antes de arrancar la máquina, con el fin de garantizar que todo esté en orden y listo.

## 6.4 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN MANUAL DE CAMBIOS

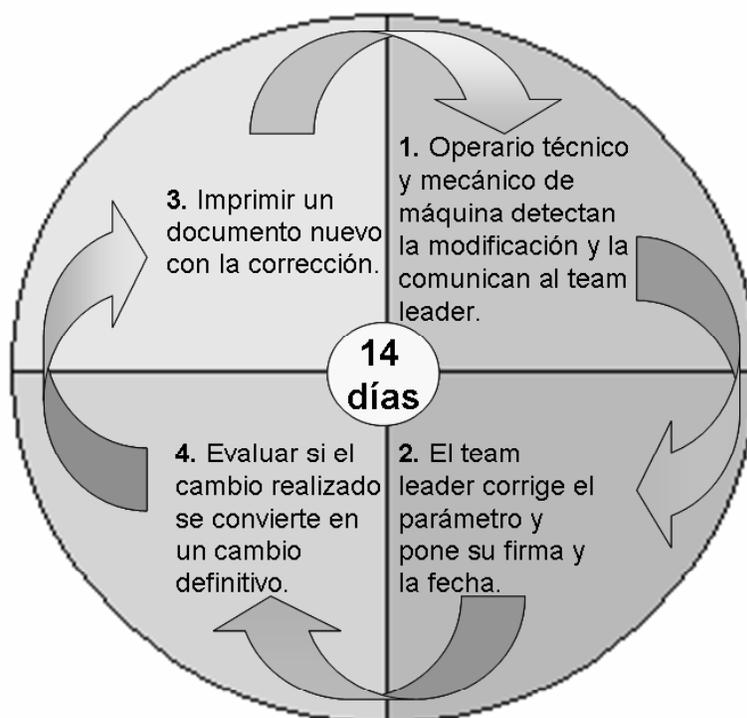


## 7. IMPLEMENTACIÓN DE LOS MANUALES DE CAMBIOS

Se convocó a una reunión de aproximadamente dos horas para familiarizar al personal con la documentación que iban a recibir. Se mostró al personal los capítulos que contiene el Manual de Cambios, el tipo de documentos que contiene cada capítulo; también se explicó la dinámica que se debe seguir para utilizar adecuadamente este manual y finalmente se les animó para que constantemente presenten nuevas propuestas de mejora para este sistema de documentación. Estas últimas serán bien recibidas e implementadas en un espacio de tiempo reducido, gracias a la introducción de un Sistema de Actualización de Documentos.

Las actualizaciones de los documentos se hacen cada 14 días, como se muestra en la siguiente figura.

**FIGURA 4**  
**Ciclo de actualización del Manual de Cambios**



Fue necesario crear un archivo de Trazabilidad, en donde se consignen los cambios realizados a los Manuales de Cambio de las máquinas; esto con el fin de crear una base de datos que ayude a detectar posibles fallas o problemas en las máquinas.

## 8. RESULTADOS

El desarrollo de este proyecto tomó aproximadamente nueve meses, en los cuales se realizaron cada una de las etapas descritas anteriormente. A continuación se muestran los resultados obtenidos. La siguiente tabla fue construida a partir de la información de tiempos de paro suministrada por la base de datos de la empresa.

**TABLA 2**  
**Disminución del tiempo de paro por arranque de máquina**

	SAMMY 3		ALBERT	
	2002	2003 Ene - Sep	2002	2003 Ene - Sep
Tiempo de Paro por Arranque de Máquina (min)	3729	1961	2063	3112
No. de Arranques de Máquina	93	66	34	71
Tiempo de Paro Promedio por Arranque de Máquina (min)	40	30	61	44
Reducción en Tiempo de Paro Promedio por Arranque de Máquina (min)	40 - 30 = 10		61 - 44 = 17	
% Reducción en Tiempo de Paro Promedio por Arranque de Máquina	$\frac{40 - 30}{40} = 26\%$		$\frac{61 - 44}{61} = 28\%$	

## 9. CONCLUSIONES

- Se logró una disminución en tiempos de paro por arranque de máquina del 26% en Sammy 3 y del 28% en Albert, Esta reducción en los tiempos de paro significó un aumento inmediato de otros indicadores tales como eficiencia, velocidad real y capacidad disponible, con esto se corrobora la incidencia directa de los tiempos de paro sobre los indicadores de gestión, logrando un aumento de la capacidad disponible en un 0,3% en Sammy 3 y en un 0,64% en Albert, con cero inversión de capital.
- Se constató que las auditorías son una herramienta eficaz para el análisis de procesos, ya que por medio de éstas, se recopiló, revisó y complementó la información existente en las máquinas acerca de los cambios de producto y el arranque de máquina. Además, se observó que los parámetros de funcionamiento de las máquinas cambian constantemente, debido a que las características de las materias primas varían de un proveedor a otro.
- Una metodología de trabajo común para todo el personal encargado de la máquina, trajo como ventaja una mayor coordinación a la hora de realizar un cambio de producto y el posterior arranque de máquina, debido a que las funciones fueron distribuidas entre el personal operativo y mecánico. Además de esto, se disminuyó la probabilidad de cometer errores u olvidar algún ajuste o cambio en la máquina, ya que se definieron con claridad las funciones.
- La implementación de un sistema de actualización de los Manuales de Cambio, garantizará que con el tiempo la información de los manuales no se volverá obsoleta y permitirá futuras reformas que harán que estos contengan información cada vez más exacta, detallada y confiable. Parámetros confiables disminuyen la probabilidad de fabricar productos defectuosos, que generen reclamos de consumidoras. Además se logró construir una base de datos que detectará problemas específicos de la máquina y las causas asociadas a estos.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

GREIF, Michel. The Visual Factory. Pórtland. Estados Unidos de América: Productivity Press Inc., 1991. 273 p.

RUBRICH, Larry y WATSON, Madelyn. Implementing World Class Manufacturing. Fort Wayne, Indiana, Estados Unidos de América: WCM Associates, 2000. 391 p.

EQUIPO DE DESARROLLO DE PRODUCTIVITY PRESS. 5S para Todos, 5 Pilares de las Fábricas Visuales. Portland, Estados Unidos de América: Productivity Press Inc., 1991. 273 p.

RUSELL, Roberta S. y TAYLOR, Bernard W. III. Operations Management. New, Jersey, Estados Unidos de América: Prentice-Hall, 2000. 860 p.

CHASE, Richard B., AQUILANO, Nicholas J. y JACOBS, Robert F. Administración de Producción y Operaciones. Octava Edición. Santa Fe de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

Mejoramiento Continuo [Online]. [citado 18 de mayo, 2003]. Disponible en internet: <<http://www.gestiopolis.com/recurso/documentos/fulldocs/ger/meconti.htm>>

Mejoramiento Continuo [Online]. [citado 20 de mayo, 2003]. Disponible en internet: <<http://www.lafacu.com/apuntes/empresas/mejoraconti/default.htm>>



# IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL TOTAL DE PÉRDIDAS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA

ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN - 2003  
PROYECTO DE GRADO - UNIVERSIDAD EAFIT

## AUTORES

LINA PAOLA GÁMEZ PEREIRA

## ÁREA DE ÉNFASIS

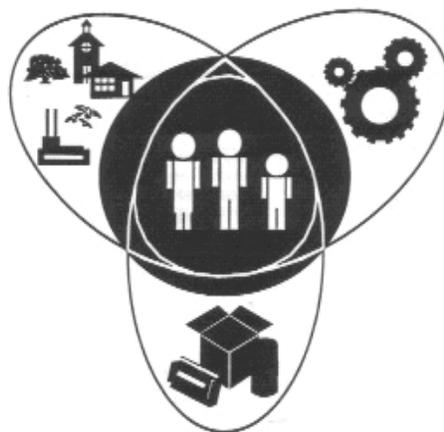
GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

## ASESOR

Ing. MAURICIO AYCARDI VILLANEDA  
Gerente de la línea de hierros de LANDERS Y CÍA. S.A.

## RESUMEN

Los cuatro componentes importantes que intervienen en las operaciones de una organización son: Personas, Equipos, Materiales y Ambiente. Este grupo es conocido como PEMA (Ver Figura); estos deben relacionarse e interactuar adecuadamente como un sistema o de lo contrario generarían problemas ya que son fuentes principales de causas de accidentes y otros acontecimientos generadores de pérdidas.



Actualmente perteneciente a Det Norske Veritas Industry y cuyo iniciador y máximo exponente es Frank E. Bird, el sistema de gestión de Control de Pérdidas, nace con el enfoque hacia la prevención y control de pérdidas indeseables que implican a las personas, equipos, materiales y medio ambiente; es definido como una práctica administrativa que tiene por objeto neutralizar los efectos destructivos de las pérdidas potenciales o reales, que resultan de los acontecimientos no deseados relacionados con los peligros de operación.

## PALABRAS CLAVES

**RIESGO:** Son las posibilidades de pérdidas y el grado de probabilidad de éstas pérdidas; la exposición a una posibilidad de daño físico, lesión o enfermedad o pérdidas, es definida como “correr un riesgo”.

**ACCIDENTE:** Acontecimiento no deseado que da por resultado un daño físico, lesión o enfermedad ocupacional, a una persona o un daño a la propiedad. Todos los accidentes son incidentes pero no todos los incidentes son accidentes.



## INTRODUCCIÓN

LANDERS Y CIA S.A. es una empresa que se caracteriza por el gran interés en el mejoramiento continuo de sus procesos y la calidad de sus productos, servicios y talento humano. Su actividad se fundamenta en el diseño, producción y comercialización de molinos de alimentos, ollas de presión, sartenes con antiadherente en hierro fundido y aluminio, licuadoras y en la comercialización de electrodomésticos para la cocina y el hogar.

Según requerimientos de la casa matriz, Kraft Foods International, es necesaria la implementación del Sistema de Clasificación Internacional de Seguridad para el Control Total de Pérdidas, con el fin de disminuir los costos generados por los accidentes e incidentes, que tienen como efecto daños a la salud e integridad física de los trabajadores, daños a la propiedad e impactos al medio ambiente.

Los mismos factores que producen estos accidentes e incidentes, están creando disminución de la productividad y calidad, e incremento en los costos directos de fabricación debido a los ausentismos por incapacidades laborales, daños y deterioro de equipos y herramientas, daños al producto y posibles impactos negativos al medio ambiente. Con la implementación del sistema de Control de pérdidas se podrán prever estos factores y reducir las pérdidas causadas por los mismos.

**El Sistema de Clasificación Internacional de Seguridad tiene como foco principal las mejores prácticas administrativas mundiales para controlar las pérdidas reales y potenciales relacionadas con lesiones, enfermedades, daño accidental a la propiedad, incendios y explosiones.** Consiste en una normativa de 20 elementos de requisitos para la implementación del sistema, entre ellos se encuentra el Desarrollo de Reglas y Permisos de trabajo e Investigaciones Planeadas y Mantenimiento, sobre los cuales se desarrollará este proyecto.

El objetivo principal, es documentar e implementar los elementos Inspecciones Planeadas y mantenimiento y, Desarrollo de Reglas y permisos de trabajo, del Sistema de Clasificación Internacional de Seguridad para el Control Total de Pérdidas en LANDERS Y CIA S.A, hasta el nivel 5; con el fin de disminuir los riesgos que ocasionan dichas pérdidas y de dar cumplimiento al requisito de la Casa Matriz mencionado anteriormente.

## **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

**Para la implementación de los elementos Reglas y Permisos de Trabajo e Inspecciones Planeadas y Mantenimiento, se empleó la metodología basada en el ciclo de Mejoramiento Continuo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Asegurar).**

En la etapa de planeación, se identificaron los requisitos de cada elemento establecidos por el Sistema de Clasificación Internacional de Seguridad, que estuvieran entre el nivel uno y el nivel cinco, con el fin de conocer el estado en el que se encontraba cada uno en la empresa y de este modo, estructurar la forma en la que iba a ser desarrollado el proyecto. Se estableció en cada elemento un plan de acción que contenía las actividades a realizar, cada una con una fecha y un responsable según las necesidades.

La segunda etapa, Hacer, consistió en la documentación, comunicación e implementación de procedimientos, formatos e instructivos de trabajo. Cada uno se dio a conocer a todas las áreas involucradas en una reunión, con el fin de explicar la metodología de trabajo, sus beneficios, motivar a la gente y explicar las nuevas responsabilidades para que el proyecto tuviera éxito. Para la implementación se asignaron tareas al personal de cada una de las áreas involucradas, con la permanente asesoría de los proponentes, logrando así una buena coordinación y trabajo en equipo.

La tercera fase fue la validación (Verificar), la cual consistió en la revisión detallada de la correcta ejecución de todas las actividades incluidas en la implementación de cada elemento en toda la planta. Se realizaron seguimientos informales como la verificación del completo y adecuado diligenciamiento de formatos, cumplimiento de tareas, entre otros.

En la cuarta etapa (Asegurar) se recopiló toda la información adquirida a través de la experiencia, conclusiones y recomendaciones de lo sucedido en las fases anteriores, para documentarla y tener un seguimiento detallado de las actividades realizadas durante el proceso de implementación, y así retroalimentar el proceso para su mejoramiento continuo.

### **SITUACIÓN INICIAL**

La etapa inicial de la implementación consistió en realizar un diagnóstico de la situación en la que se encontraban los requisitos con nivel de uno a cinco, que el Sistema Internacional de Seguridad establece en los elementos Reglas y Permisos de Trabajo e Inspecciones Planeadas y Mantenimiento.

Es importante anotar que en la empresa existe un departamento de Seguridad Industrial que ha buscado siempre el cumplimiento con los estándares de seguridad establecidos por la ley y por las políticas de la organización. Además, se cuenta con el apoyo de la empresa de administración de riesgos profesionales, que en su labor ha realizado importantes actividades para la evaluación de riesgos.

Con el fin de cuantificar el estado inicial de los requisitos entre el nivel uno y cinco, se utilizó para cada elemento, el sistema PERO (Puntuación de Elementos Requeridos y Opcionales) en el cual se halló un porcentaje de cumplimiento de cada requisito, según los puntos otorgados y los puntos posibles a obtener tal como lo establece éste sistema de evaluación.

Para el elemento de inspecciones planeadas y mantenimiento, se tuvo como resultado un porcentaje de cumplimiento de los requisitos del 14.8% y para reglas y permisos de trabajo un 19.2%.

<b>Elemento 3: INSPECCIONES PLANEADAS Y MANTENIMIENTO</b>					
<b>Requisitos del SCIS</b>		<b>Nivel</b>	<b>Puntos Posibles</b>	<b>Puntos Otorgados</b>	<b>%</b>
<b>3.1</b>	<b>INSPECCIONES GENERALES PLANEADAS</b>				
3.1.1.	¿Ha usado la organización un método sistemático para identificar(10/20) 1. Todas las áreas/estructuras que requieren inspecciones generales planeadas? 2. Las cosas específicas a buscar relacionadas con cada área o estructura que requieren inspecciones generales planeadas?	1	20	0	0
3.1.1.1.	¿Ha recibido el personal responsable de realizar inspecciones generales planeadas un entrenamiento formal en técnicas de inspecciones? (CP-15)	4	15	0	0
	Indique si se han conducido inspecciones generales planeadas a todas las áreas/estructuras que requieren ser inspeccionadas __%Sí x (50)= ____  Áreas/Estructuras que requieren inspecciones Responsabilidad Asignada Frecuencia Establecida Inspecciones Realizadas Lista de verificación usada  <b>1</b> Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No  <b>2</b> Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No  <b>3</b> Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No  <b>4</b> Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No				

Requisitos del SCIS		Nivel	Puntos Posibles	Puntos Otorgados	%
3.1.2	<p><b>5</b> Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No</p> <p><b>6</b> Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No</p> <p><b>7</b> Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No</p> <p><b>8</b> Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No</p> <p><b>9</b> Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No</p> <p><b>10</b> Sí/No Sí/No Sí/No Sí/No</p>	1	50	0	0
3.1.3.	¿Se ha reportado por escrito todas las condiciones subestándares observadas durante las inspecciones generales planeadas (XO-20)?	1	20	0	0
3.1.4.	¿Se ha reportado por escrito todas las practicas subestándares observadas durante las inspecciones generales planeadas (XO-10)?	1	10	0	0
3.1.5.	¿Se da reconocimiento positivo verbal y se informa por escrito cuando se observan condiciones o prácticas que exceden los estándares durante las inspecciones generales planeadas (XO-10)?	5	10	0	0
3.1.6.	¿Se clasifican según su potencial de peligro todas las condiciones y prácticas subestándares observadas durante las inspecciones generales planeadas (XO-10)?.	5	10	0	0

Requisitos del SCIS		Nivel	Puntos Posibles	Puntos Otorgados	%
3.1.7.	¿Se actualizan las listas de verificaciones de inspecciones y las listas de áreas/estructuras que requieren inspecciones de acuerdo a los cambios ocurridos a las facilidades, equipos y procesos (XO-5)?	5	5	0	0
<b>3.2.</b>	<b>SISTEMA DE SEGUIMIENTO</b>				
3.2.1.	¿Se da una copia de la inspección general planeada a cada persona responsable por la acción remedial (XO-20)?	1	20	0	0
3.2.2.	¿Se usa la clasificación de peligros para condiciones y prácticas subestándares en la determinación de prioridad y nivel de atención administrativo en las acciones remediales (XO-20)?	4	20	0	0
3.2.3.	¿Se pide estado de cuentas a personas responsables de corregir a tiempo y en orden de prioridad todos los artículos dentro de sus áreas de responsabilidad (XO-20)?	5	20	0	0
3.2.4.	¿Se presenta por lo menos trimestralmente, a la línea de administración apropiada un informe por escrito de todas las inspecciones generales planeadas junto con detalles de acciones remediales completadas o con razones por retrasos (XO-15)?	5	15	0	0
3.2.5.	¿Cuando sea apropiado, se informa al comité de seguridad y salud y/o al representante de seguridad y salud de las medidas correctivas tomadas y de las razones por cualquier retraso (XO-15)?	2	15	0	0
3.2.6.	¿Existe un archivo central con los informes de inspecciones generales planeadas de todas las áreas de trabajo (XO-10)?	3	10	0	0
<b>3.5</b>	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>				
3.5.1.	Existe y se encuentra en operación un sistema de mantenimiento preventivo que cumpla lo siguiente (10 / 60) 1. Identificación y clasificación en orden de prioridad de todos los equipos / sistemas que requieran mantenimiento preventivo. 2. Identificación de método(s) de mantenimiento y procedimientos requeridos para cada equipo/sistema. 3. Responsabilidades asignadas y frecuencias establecidas. 4. Requisitos de informes establecidos. 5. Sistemas de registros 6. Sistema de planificación de trabajo basado en frecuencias establecidas y prioridades.	3	60	60	100
3.5.2.	¿Tiene en operación el personal de mantenimiento un sistema para identificar y registrar todos los daños accidentales en el momento en que se efectúan las operaciones(XO-10)?	4	10	0	0
3.5.3.	¿Se realiza una investigación para identificar las causas básicas y el costo total de la pérdida cuando se reconoce el daño accidental durante el proceso de mantenimiento (XO-10)?	5	10	0	0
<b>3.6</b>	<b>INSPECCIONES DE SISTEMAS ESPECIALES</b>				
3.6.1.	Se ha efectuado una revisión de todo el equipo, la maquinaria y las herramientas para identificar aquellas cuya función primordial es la de seguridad, salud o protección ambiental (XO-20)?	2	20	0	0

Requisitos del SCIS		Nivel	Puntos Posibles	Puntos Otorgados	%
	<p>Se conducen inspecciones a todo el equipo crítico de seguridad, salud o medio ambiente? (conceda un máximo de 40 puntos, dependiendo en la proporción de las respuestas afirmativas) <math>\_\_ \% \text{Sí} \times 40 = \_\_\_</math></p> <p style="text-align: center;"><b>Equipo que requiere Inspecciones</b>  <b>Responsabilidad Asignada</b>  <b>Frecuencia Establecida</b>  <b>Inspecciones Efectuadas</b>  <b>Sistema de Seguimiento en operación</b></p> <p style="text-align: center;"><b>1</b>  Detectores de Incendios, humo, calor y gases  <b>No</b>  <b>No</b>  <b>No</b>  <b>No</b></p> <p style="text-align: center;"><b>2</b>  Alarmas de incendios / vigilancia / evacuación  <b>Sí</b>  <b>Sí</b>  <b>Sí</b>  <b>Sí</b></p> <p style="text-align: center;"><b>3</b>  Sistemas de comunicaciones de emergencias  <b>No</b>  <b>No</b>  <b>No</b>  <b>No</b></p> <p style="text-align: center;"><b>4</b>  Sistemas de humo, calor y ventilación de gases  <b>No</b>  <b>No</b>  <b>No</b>  <b>No</b></p> <p style="text-align: center;"><b>5</b>  Luces de emergencia  <b>No</b>  <b>No</b>  <b>No</b>  <b>No</b></p>				

Requisitos del SCIS		Nivel	Puntos Posibles	Puntos Otorgados	%
3.6.2	6 Plantas de emergencia No No No No	2	40	10	25
	7 Sistemas de supresión de incendios Sí Sí Sí Sí				
	8 Extintores de incendios Sí Sí Sí Sí				
	9 Respiradores de emergencia No No No No				
	10 Duchas para ojos y baños Sí Sí Sí Sí				
	11 Equipo de primeros auxilios Sí Sí Sí Sí				
	12 Equipo de rescate Sí Sí Sí Sí				
	13 Materiales / Equipos para reacción a derrames No No No No				

Requisitos del SCIS		Nivel	Puntos Posibles	Puntos Otorgados	%
	<p style="text-align: center;"><b>14</b></p> <p style="text-align: center;">Sistemas de emisiones/control de derrames/alarmas</p> <p style="text-align: center;"><b>No</b></p> <p style="text-align: center;"><b>No</b></p> <p style="text-align: center;"><b>No</b></p> <p style="text-align: center;"><b>No</b></p> <p style="text-align: center;"><b>15</b></p> <p style="text-align: center;">Controles principales para cierres en emergencia</p> <p style="text-align: center;"><b>No</b></p> <p style="text-align: center;"><b>No</b></p> <p style="text-align: center;"><b>No</b></p> <p style="text-align: center;"><b>No</b></p>				
<b>3.7.</b>	<b>INSPECCIONES PRE-USO DEL EQUIPO</b>				
3.7.1.	Ha usado la organización un enfoque sistemático para identificar (5 / 10) 1. Todo el equipo móvil y de manejo que requiera inspecciones pre-uso. 2. Todo otro equipo que requiera inspecciones de pre-uso.	1	10	0	0
3.7.2.	Existe un sistema de inspecciones pre-uso que incluya (4 / 20): 1. Quien lleva a cabo la inspección 2. Que debe ser inspeccionado en cada equipo 3. Cuando se debe realizar las inspecciones 4. Que acción debe tomarse en caso de que el artículo inspeccionado sea identificado como subestándar 5. Seguimiento para asegurar que todos los artículos subestándares se corrijan según sea requerido.	2	20	0	0
3.7.3	Que porcentaje del equipo que requiera inspecciones de pre-uso usa formularios de inspecciones pre-uso (___% x 10)	3	10	0	0
<b>3.8</b>	<b>SISTEMA ALTERNO PARA REPORTAR CONDICIONES SUBESTÁNDARES</b>				
3.8.1	¿Existe un sistema que motive a los empleados a reportar por escrito cualquier condición peligrosa o subestándar, observada durante sus labores diarias (XO-20)?	2	20	0	0
3.8.2	¿Recibe el departamento de control de pérdidas una copia del informe de condiciones subestándares o peligrosas? (XO-10)	3	10	0	0
3.8.3	¿Existe y se encuentra en operación un sistema de seguimiento para administrar las condiciones peligrosas y subestándares reportadas? (XO-10)	4	10	0	0
<b>3.9</b>	<b>REQUISITOS DE CUMPLIMIENTO</b>				
3.9.1	Ha identificado sistemáticamente la organización todas las inspecciones requeridas por la ley y la organización (XO-10)	5	10	0	0
<b>TOTAL</b>			<b>470</b>	<b>70</b>	<b>14.8</b>

<b>Elemento 8: REGLAS Y PERMISOS DE TRABAJO</b>					
<b>Requisitos del SCIS</b>		<b>Nivel</b>	<b>Puntos Posibles</b>	<b>Puntos Otorgados</b>	<b>%</b>
<b>8.1</b>	<b>REGLAS GENERALES DE CONTROL DE PÉRDIDAS</b>				
8.1.1	¿Existen reglas generales de control de pérdidas escritas para la organización? (XO-30)	1	30	30	100
8.1.1.1	Se han traducido éstas reglas a suficientes idiomas para que puedan ser entendidas por todos los empleados? (XO-5)	1	5	5	100
8.1.2.	¿Se han distribuido y comunicado a todos los empleados éstas reglas generales de control de pérdidas? (XO-15)	1	15	15	100
8.1.3.	¿Se encuentran éstas reglas generales de control total de pérdidas exhibidas en lugares que refuercen su mensaje y propósito? (XO-10)	1	10	10	100
8.1.4	¿Se revisan regularmente los carteles de las reglas exhibidas para asegurar su legibilidad y buenas condiciones? (XO-15)	3	15	0	0
8.1.5.	¿Existe un sistema para la evaluación y revisión, por lo menos anual, de las reglas generales de control de pérdidas a medida que cambian las instalaciones, procesos y equipos? (XO-15)	5	15	0	0
<b>8.2</b>	<b>REGLAS DE TRABAJO ESPECIALIZADO</b>				
8.2.1	¿Se ha usado un método sistemático para identificar la necesidad de reglas para trabajo especializado? (XO-35)	4	35	0	0
8.2.1.1	¿Para que porcentaje de las necesidades identificadas se ha establecido reglas? (% x 30)	5	30	0	0
<b>8.3.</b>	<b>SISTEMA DE PERMISOS DE TRABAJO ESPECIALIZADO</b>				
8.3.1	¿Se ha usado un método sistemático para identificar la necesidad de un sistema de permisos para trabajo especializado? (XO-25)	2	25	0	0
	<p>Indique si las siguientes actividades son usadas en conexión con los permisos de trabajo requeridos por el sitio (conceda máximo 60 puntos, dependiendo de las respuestas afirmativas) ____% Sí x 60 = ____</p> <p style="text-align: center;">Sistema formal de emisión            Autoridad emisora especificada            Emisores de permisos entrenados            Trabajadores a riesgos entrenados            Registros de entrenamientos conservados            Copias de permisos retenidas</p> <p style="text-align: center;"><b>1</b>            Entrada a espacio restringido            No            No            No            No            No            No</p> <p style="text-align: center;"><b>2</b>            Trabajo en caliente            Sí            Sí            Sí            Sí            Sí</p>				

	Requisitos del SCIS	Nivel	Puntos Posibles	Puntos Otorgados	%	
8.3.2	3					
	Excavación					
	NA					
	NA					
	NA					
	NA					
	NA					
	NA					
	4					
	Radiación					
	NA					
	NA					
	NA					
	NA					
	NA					
	5		3	60	20	33.33
	Trabajo con fuente de energía					
	No					
	No					
	No					
	No					
	No					
	6					
	Trabajo en alturas					
	Si					
	Si					
	Si					
Si						
Si						
7						
Trabajo en aguas						
NA						
NA						
NA						
NA						
NA						
8						
Levantamiento de pesas						
NA						
NA						
NA						
NA						
NA						
NA						
9						
Trabajo con materiales peligrosos						
NA						
NA						
NA						
NA						
NA						
10						
Otros						
NA						

	Requisitos del SCIS	Nivel	Puntos Posibles	Puntos Otorgados	%
8.3.3.	¿Qué tan adecuado es el sistema de permisos? (CP-30)	4	30	10	33.33
8.3.4.	¿Se revisa el sistema de permisos especializados por lo menos cada dos años o cuando ocurren accidentes graves y/o de alto potencial? (XO-10)	5	10	0	0
<b>8.4</b>	<b>SISTEMAS DE PERMISOS DE OPERACIÓN</b>				
8.4.1	¿Se ha usado un método sistemático para identificar los permisos de operación exigidos por las autoridades apropiadas? (XO-15)	3	15	0	0
8.4.1.1	¿Existe un sistema de seguimiento por escrito que verifique el cumplimiento con todos los requisitos de permisos exigidos y la obtención de los permisos solicitados? (XO-10)	5	10	0	0
8.4.2.	¿Asegura el sistema de permisos de operación:				
1.	Se observan las fechas de vencimiento de aplicaciones y reaplicaciones de permisos (XO-5)	4	5	0	0
2.	Se definen y cumplen los requisitos de comunicación con las autoridades apropiadas (XO-5)	5	5	0	0
8.4.3	¿Exige el sistema de permisos de operación la identificación de los requisitos de operación relacionada con permisos y la persona responsable de cumplir con estos requisitos? (XO-25)	3	25	0	0
8.4.4.	¿Asegura el sistema de permisos de operación la notificación a los individuos responsables del cumplimiento con estos requisitos? (XO-20)	5	20	0	0
<b>8.5</b>	<b>APRENDIZAJE Y REVISIÓN DE REGLAS</b>				
8.5.1.	¿Se discuten en su totalidad las reglas más importantes con cada empleado en el momento de contratación? (XO-30)	1	30	0	0
8.5.2	¿Existe un registro firmado por el empleado que confirme el recibo de las reglas, junto con la evidencia de su revisión y entendimiento? (XO-10)	3	10	0	0
8.5.3	¿Recibe cada empleado una revisión total de las reglas más importantes por lo menos una vez al año? (XO-20)	3	20	0	0
8.5.4	¿Se examina a los empleados verbalmente o por escrito, por su conocimiento de las reglas después de: (5 / 10) La instrucción inicial La revisión anual.	5	10	0	0
8.5.6	¿Existe una provisión que permita dar sugerencias a los empleados durante la preparación de las reglas? (XO-10)	3	10	0	0
8.5.7.	¿Existe un sistema de reentrenamiento para empleados cuando son transferidos a áreas en donde se aplican reglas diferentes? (XO-30)	4	30	0	0
<b>8.6</b>	<b>CUMPLIMIENTO Y RECONOCIMIENTO DE LAS REGLAS</b>				
8.6.1.	Se usa un sistema para: (10 / 20) Tratar con violadores de las reglas de trabajo Reconocer e incentivar a los acatadores de las reglas de trabajo.	2	20	10	50
8.6.3	¿Ha sido este sistema distribuido y comunicado a todos los empleados por lo siguiente: (10 / 20) Sistema de disciplina? Reconocimiento por cumplimiento?	5	20	0	0
	<b>TOTAL</b>		<b>520</b>	<b>100</b>	<b>19.2</b>

Fue conveniente considerar que pese a que los conceptos del control total de pérdidas son bastante sencillos de comprender, su proceso de implantación requería del establecimiento de una serie de acciones adecuadamente establecidas, así como una buena dosis de coordinación entre las personas que intervendrían en ella. Por lo tanto las actividades más representativas en el proceso fueron:

- Establecimiento de un compromiso de la dirección.
- Programa de capacitación.
- Estandarización de actividades.
- Evaluación periódica de resultados.
- Retroalimentación y reconocimiento.

## CONCLUSIONES

- Con la Implementación del elemento de Inspecciones planeadas y mantenimiento, se lograron detectar 34 riesgos en todas las áreas y máquinas inspeccionadas, utilizando las listas de verificación de orden y limpieza, seguridad, salud y medio ambiente y, maquinaria y conexiones eléctricas; de éstos riesgos el 2,94% son de clase A, 47% son de clase B y el 50% de clase C, según la clasificación de peligros establecida en el procedimiento. Además se encontró que un 64,7 % de los riesgos detectados, son generados por condiciones subestándares y el 35,3% restante, son ocasionados por prácticas subestándares.
- Gracias a la realización de las inspecciones planeadas se pudieron tomar 27 acciones previas a la materialización de las pérdidas con su respectivo análisis de causas, de las cuales un 67% tienen un mes de fecha límite de cumplimiento y el porcentaje restante será solucionado antes de finalizar el año. Éstas acciones estuvieron encaminadas a dar instrucciones a los operarios acerca de la necesidad de mantener el puesto de trabajo ordenado, limpio y seguro y a la programación de trabajos dominicales para reparar los equipos que no cumplieron con los estándares establecidos en las listas de verificación, con el fin de adecuarlos a las mejores condiciones de productividad y seguridad. Otros incumplimientos como materiales innecesarios en el piso, área sucia y desordenada, etc., tuvieron solución inmediata.
- El sistema de inspecciones pre-uso para aquellos equipos claves de la planta ha permitido que los operarios se apropien de sus equipos, generando mas responsabilidad en ellos y mejorando la atención por parte del área de mantenimiento. En los últimos dos meses se han detectado durante las inspecciones pre-uso, 13 condiciones en los equipos inspeccionados, que requieren atención inmediata, lo que ha permitido solucionarlos antes de que el equipo presente problemas. Además, gracias a un adecuado mantenimiento preventivo, se ha asegurado la capacidad de los procesos productivos, ya que las fallas en los equipos se han detectado oportunamente logrando disminuir los paros no programados en un 17% y por ende los costos que éstos generan.
- La revisión de los sistemas especiales de seguridad tales como extintores, camillas, equipos de rescate, alarmas, etc., ha asegurado el buen desempeño y la disponibilidad de éstos en cualquier momento de tal manera que ayuden a proteger al personal ante cualquier eventualidad.
- La implementación y formalización de las 17 reglas generales del Control Total de Pérdidas, las 17 reglas de Trabajo especializado y los 4 Permisos de trabajo, ha generado un impacto positivo en todo el personal operativo y administrativo; durante el desarrollo de éstos, hubo participación del personal, lo que ha originado un gran compromiso por parte de todos; éstas herramientas lograron mejorar la seguridad en cada área de la organización, evitando así accidentes de trabajo.
- El uso de métodos sistemáticos ha permitido asegurar la cobertura de la totalidad de las áreas y procesos de la compañía con el fin de que los procesos de identificación de reglas, permisos y áreas que requieren inspecciones planeadas, se realice siempre de la misma manera.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Ayala Cáceres, Carlos Luis. Legislación de salud ocupacional y riesgos profesionales, Ediciones Salud Laboral, octubre, 1999

Bird, Frank E. Jr. Y Germain, George L. Liderazgo Práctico En El Control De Pérdidas, Det Norske Veritas (U.S.A), inc, 1990.

Burriel Luna, Germán. Sistema De Gestión De Riesgos Laborales E Industriales. España, Editorial Mapfre S.A., 1997.

Código de Salud Ocupacional. Seccional Antioquia, Medellín, 1990.

Det Norske Veritas. Curso de Administración moderna de la seguridad y control de pérdidas, Colombia 2002.

\_\_\_\_\_. Curso de auditoria del sistema de clasificación de DNV, Colombia 2002.

\_\_\_\_\_. Curso de concientización en seguridad y control total de pérdidas, Colombia, 2002.

\_\_\_\_\_. Curso para los implementadores de los elementos del Control Total de Pérdidas, Colombia, 2002.

## TÍTULOS PUBLICADOS EN ESTA COLECCIÓN

### **Cuaderno 1 - Marzo 2002**

#### **Sector bancario y coyuntura económica el caso colombiano 1990 - 2000**

Alberto Jaramillo, Adriana Ángel Jiménez, Andrea Restrepo Ramírez, Ana Serrano Domínguez y Juan Sebastián Maya Arango.

### **Cuaderno 2 - Julio 2002**

#### **Cuerpos y controles, formas de regulación civil. Discursos y prácticas en Medellín 1948 – 1952**

Cruz Elena Espinal Pérez.

### **Cuaderno 3 - Agosto 2002**

#### **Una introducción al uso de LAPACK**

Carlos E. Mejía, Tomás Restrepo y Christian Trefftz.

### **Cuaderno 4 - Septiembre 2002**

#### **Las marcas propias desde la perspectiva del fabricante**

Belisario Cabrejos Doig.

### **Cuaderno 5 - Septiembre 2002**

#### **Inferencia visual para los sistemas deductivos LBPco, LBPC y LBPO**

Manuel Sierra Aristizábal.

### **Cuaderno 6 - Noviembre 2002**

#### **Lo colectivo en la constitución de 1991**

Ana Victoria Vásquez Cárdenas, Mario Alberto Montoya Brand.

### **Cuaderno 7 - Febrero 2003**

#### **Análisis de varianza de los beneficios de las empresas manufactureras en Colombia, 1995 – 2000**

Alberto Jaramillo (Coordinador), Juan Sebastián Maya Arango, Hermilson Velásquez Ceballos, Javier Santiago Ortiz, Lina Marcela Cardona Sosa.

### **Cuaderno 8 - Marzo 2003**

#### **Los dilemas del Rector: El caso de la Universidad EAFIT**

Álvaro Pineda Botero

### **Cuaderno 9 - Abril 2003**

#### **Informe de Coyuntura: Abril de 2003**

Grupo de Análisis de Coyuntura Económica

**Cuaderno 10 - Mayo 2003**

**Grupos de Investigación Escuela de Administración**

Dirección de Investigación y Docencia

**Cuaderno 11 - Junio 2003**

**Grupos de Investigación Escuela de Ciencias y Humanidades, Escuela de Derecho, Centro de Idiomas y Departamento de Desarrollo Estudiantil**

Dirección de Investigación y Docencia

**Cuaderno 12 - Junio 2003**

**Grupos de Investigación Escuela de Ingeniería**

Dirección de Investigación y Docencia

**Cuaderno 13 - Julio 2003**

**Programa Jóvenes Investigadores – Colciencias: El Área de Libre Comercio de las Américas y las Negociaciones de Servicios**

Grupo de Estudios en Economía y Empresa

**Cuaderno 14 - Noviembre 2003**

**Bibliografía de la Novela Colombiana**

Álvaro Pineda Botero, Sandra Isabel Pérez, María del Carmen Rosero y María Graciela Calle

**Cuaderno 15 - Febrero 2004**

**Publicaciones y Ponencia 2003**

Dirección de Investigación y Docencia

**Cuaderno 16 - Marzo 2004**

**La Aplicación del Derecho en los Sistemas Jurídicos Constitucionalizados**

Gloria Patricia Lopera Mesa

**Cuaderno 17 - Mayo 2004**

**Productos y Servicios Financieros a gran Escala para la Microempresa: Hacia un Modelo Viable**

Nicolás Ossa Betancur

**Cuaderno 18 - Mayo 2004**

**Artículos resultado de los Proyectos de Grado realizados por los Estudiantes de Ingeniería de Producción que se graduaron en el 2003**

Departamento de Ingeniería de Producción