

**MODELO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA
FABRICACIÓN DE BIENES EN LA INDUSTRIA DE
ELECTRODOMÉSTICOS PARA CONTRIBUIR CON EL
DESARROLLO SUSTENTABLE**

Área de investigación: Administración de la Tecnología

Francisco Ballina Rios

Facultad de Contaduría y Administración
Universidad Nacional Autónoma de México
México
fballina@fca.unam.mx

Víctor Salazar de la Garza

Facultad de Contaduría y Administración-Unidad Torreón
Universidad Autónoma de Coahuila
México
victor.salazar@invensys.com

XVIII
CONGRESO
INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA
ADMINISTRACIÓN
E
INFORMÁTICA



Octubre 2, 3 y 4 de 2013 ♦ Ciudad Universitaria ♦ México, D.F.



ANFECA
Asociación Nacional de Facultades y
Escuelas de Contaduría y Administración

MODELO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA FABRICACIÓN DE BIENES EN LA INDUSTRIA DE ELECTRODOMÉSTICOS PARA CONTRIBUIR CON EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Resumen

La finalidad de esta investigación es proponer un modelo de innovación para la optimización de los recursos materiales utilizados en la elaboración de productos electrodomésticos con un alto nivel de consumo, los cuales son considerados productos básicos. Los recursos materiales para la fabricación de bienes para la sociedad cada día son más escasos y es necesario encontrar un modelo que reduzca el consumo de alto nivel de estos materiales esenciales para el desarrollo de la sociedad y garantice la productividad y estabilidad financiera de la empresa. El modelo propuesto en esta investigación consta de 5 pasos esenciales para la optimización de los recursos materiales tales como: convertir materiales de únicos a común, reducción en cantidad de material utilizada para cumplir con las características físicas necesarias, sustitución de los materiales, eliminación de desperdicio y reutilización del material. Utilizando este modelo logramos una reducción en la utilización de los recursos materiales que contribuirán a un desarrollo sustentable y logramos aumentar las utilidades de la empresa en beneficio de las familias que trabajan en esta empresa.

Palabras clave: Optimización de recursos materiales, método de innovación, industria electrodoméstica, sustentabilidad



MODELO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA FABRICACIÓN DE BIENES EN LA INDUSTRIA DE ELECTRODOMÉSTICOS PARA CONTRIBUIR CON EL DESARROLLO SUSTENTABLE

1.- Introducción

En esta ponencia proponemos un modelo para la optimización de recursos materiales en la fabricación de bienes en la industria de electrodomésticos que pueda establecer un equilibrio entre la productividad y el medio ambiente para contribuir con el desarrollo sustentable.

Es un reto para las organizaciones el generar conocimiento para la optimización de las materias primas que mejoren la calidad de vida y contribuyan al desarrollo sustentable. Sin embargo los esfuerzos por integrar las cuestiones ambientales en la planificación económica y la adopción de decisiones a nivel nacional se mueven con lentitud. En general, el medio ambiente ha seguido deteriorándose y se han agravado ciertos problemas como el recalentamiento de la tierra, el agotamiento de la capa de ozono y la contaminación del agua, mientras que la destrucción de los recursos naturales se ha acelerado rápidamente.

La voracidad de las sociedades industrializadas por consumir materiales vírgenes y sintéticos, como madera, minerales, plásticos, vidrio y concreto, incrementa constantemente el agotamiento de las fuentes de materias primas y de los ecosistemas, produciendo enormes cantidades de desperdicios y contaminación. Los habitantes de los países industrializados representan solo 20% de la población del planeta y consumen 86% de la producción mundial del aluminio, 81% del papel, 80% del hierro y acero, y 76% de la madera (Roodman, 2005)

La utilización de tecnologías inapropiadas e irrespetuosas con el medio ambiente y la tendencia del crecimiento de la población del mundo que ha registrado un aumento explosivo, de 2500 millones de habitantes en 1950 a 57000 millones en 1995, previéndose 9400 millones para el año 2050 (UNDP, 2005), han propiciado un incremento en la acumulación de contaminantes y residuos, uso insostenible de recursos naturales así como derroche de energía.

El problema de abasto de materiales se ha agravado debido al crecimiento poblacional, en el año 2010 la población mundial era de 6, 972, 688, 217 personas con un incremento poblacional del 6.7 % promedio en los últimos años. Dentro de la Industria de electrodomésticos para la elaboración de controles de temperatura existe una alta demanda por los materiales básicos para la fabricación de estos productos tales como metal y plástico.

Descripción de la empresa

La empresa donde hemos aplicado nuestro modelo propuesto es un proveedor líder global de componentes, sistemas y servicios utilizados en los aparatos electrodomésticos, tales como cocina comercial, refrigeración, lavandería y productos residenciales realizando una función de regulación de temperatura. Esta empresa cuenta con más de 6.800 empleados y



15 instalaciones de manufactura en todo el mundo con una amplia gama de productos de calidad.

En la empresa localizada en el noreste de Tamaulipas se cuenta con 1200 empleados para servir a 15 diferentes países alrededor del mundo a través de 8 productos que conforman su portafolio. Ver cuadro 1.



PROBLEMÁTICA DE LA EMPRESA

Dentro de la empresa seleccionada, encontramos una organización que tiene un consumo desproporcionado de la materia prima, lo cual trae como consecuencia un problema para la rentabilidad del negocio que pone en riesgo la seguridad en el trabajo de los empleados y un problema para la sociedad al usar materia prima indispensable para múltiples soluciones alrededor del mundo. La empresa a través de los años ha mostrado una rentabilidad pobre debido a que el principal contribuidor que es el costo de la materia prima es muy alto lo que provoca además de un problema de rentabilidad, crea también, una inestabilidad en el empleo para más de 1200 familias que dependen del éxito de la empresa.

Los costos anuales de julio-junio 2011 se incrementaron en 93.32 millones de dólares en materiales, representando un 65% de los costos operación, porcentaje muy superior al 20% registrado por costos fijos, 11.1% en costos variables y 3.9 de mano de obra.

Ante la problemática expuesta se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

- 1.- ¿Es posible la reducción de la materia prima para la fabricación de bienes dentro de la organización, a través de un modelo para la optimización, lo cual represente un mejoramiento en las utilidades de la empresa y en la calidad de vida de la sociedad?
- 2.- ¿Es posible manipular intencionalmente variables independientes dentro de dos niveles seleccionados arbitrariamente, para convertir componentes únicos a comunes, reducir y sustituir materias primas?
- 3.- ¿Es posible cambiar el resultado en la variable de salida la cual es la variable dependiente, permitiendo tener en cuenta si existe o no una relación estadísticamente significativa entre las variables independientes y la variable dependiente?

HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN

- 1.- A través de un modelo de optimización de la materia prima, propuesto en esta investigación, es posible reducir y sustituir materias primas, que incrementen las utilidades de la empresa y la calidad de vida de la sociedad.
- 2.- Utilizando el experimento a través del programa MINITAB es posible medir las variables de salida, considerando los factores y niveles que se miden como alto o bajo.
- 3.- Es posible establecer que existen relaciones estadísticamente significativas entre las variables independientes y las variables dependientes.

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Dentro de la revisión de la literatura y del estado del arte de la investigación, se encontraron múltiples teorías y fuentes de información sobre modelos existentes para la sustentabilidad y la optimización de la materia prima, de los cuales se tomaron diferentes aportaciones para la elaboración del modelo que sirvió de base en este trabajo.

El modelo busca reorientar los procesos productivos y de consumo hacia nuevos y más razonables patrones, con la finalidad de aliviar la presión hacia el medio ambiente y encaminarse a una producción industrial más eficiente; eso implica el desarrollo y uso de nuevas políticas e instrumentos de gestión; así mismo, de tecnologías más eficientes en el uso de energía, menos productoras de residuos y más eficientes en el uso de materias primas (CESD,200).

El objetivo de nuestro Modelo pretende establecer un equilibrio entre la productividad y el medio ambiente, surge inicialmente de un Sistema de **Auto-diagnóstico** para ubicar la problemática medioambiental de la empresa, creado por la **Secretaría de Economía** en México que, a través de un cuestionario auto aplicable, permitió evaluar las prácticas por área dentro de la planta. También ayudó a detectar áreas de mejora para incrementar la productividad y competitividad de la planta, está diseñado para mostrar un código de colores: rojo, amarillo y verde, este código de colores se aplica sobre los 5 elementos del Medio Ambiente evaluados dentro de esta investigación.

Análisis Externo: A continuación se describen 6 riesgos potenciales que pueden afectar a la compañía de servicios electrodomésticos, estos riesgos aquí descritos son resultado del estudio de auto-diagnostico:

Número de Competidores: Al reporte del 2011 se cuenta con 56 compañías dentro del padrón de empresas dedicadas al negocio de controladores de temperatura 2.Competidores Equilibrados: Los 5 competidores principales dentro de este concepto entran los siguientes grupos/ compañías 1. Emerso 2. Bitronic 3. Vonick 4. Mag 5. JControls 3.Crecimiento del sector: Comparando el 2008 con el 2009 el balance fue negativo en un 5.8% en decremento del total de controladores de temperatura. Reduciendo desde 2, 655,000 controladores en promedio por ciudad en el 2008 en comparación con 2, 501,000 controladores de temperatura en el 2009.4. Costes Fijos: El desglose de los costos es como a continuación se describe: 30% de las ventas es por concepto de renta 35% Mano de Obra, seguros, permisos, etc. 30% Servicio de mantenimiento 5% es de utilidad Diferenciación del Producto:En el segmento de controladores de temperatura se encontraron las siguientes características diferenciadas: 1.Watts consumidos 2.Flujo de liquido3.Resistencia



1. **Costes de cambio:** La tecnología usada actualmente es similar entre los grandes competidores, de hecho la inversión dentro de las compañías dedicadas a esta actividad hoy por día se están enfocando a la automatización de los procesos
2. **Capacidad Instalada:** En promedio la compañía tienen una capacidad instalada del 70%, tenido un 30% para aprovechar y amortizar los costos de operación y así poder aumentar la rentabilidad del negocio.
3. **Competidores diversos:** Los 5 competidores principales dentro de este concepto entran los siguientes grupos/ compañías 1. Emerson 2. Bitronics 3. Vonic 4. Magna 5. JControls
4. **Intereses Estratégicos:** La subutilización de los procesos trae consigo la poca rentabilidad del negocio para lograr una contribución financiera a la empresa como uno de los objetivos de la compañía, sin embargo ayuda a que el consumidor esté relacionado con la marca para una vez llegado el momento propicio lograr la utilización completa y por consecuencia tener un mejor posicionamiento dentro de esta área.
5. **Barreras de salida:** El mercado de controladores de temperatura lo controlan en su mayoría 6 grupos de 56 compañías. Lo que quiere decir es que el riesgo para estas 50 compañías de tener que salir del mercado existe en un alto riesgo y por consecuencia tener que asumir el costo asociado con ello, tales como liquidación de los empleados.

Plan Estratégico: Estrategias Seleccionadas:- Desarrollar e incorporar nuevos materiales en función del proceso productivo. - Desarrollar convenios recíprocos con clientes y proveedores sobre la propiedad industrial de diseños de productos y procesos- Trabajar sistemáticamente en la creación de nuevos productos y materiales para introducir cambios en sus diseños - Promover la generación de ideas por parte de todas las áreas de la empresa para mejorar las prácticas productivas a través de la investigación. - Incorporar nuevas ideas y prácticas al acervo tecnológico con la colaboración de sus originadores y de los responsables de aplicarlas.

Según la norma ISO 8402 la calidad es “la totalidad de características de un ente que le confieren la aptitud de satisfacer necesidades implícitas y explícitas”, el concepto engloba actividades, situaciones, productos, servicios, sistemas, procesos, personas, organizaciones, etc. Son ejemplos claros, a la vez que recientes, el de la norma ISO 9000:2000 de gestión de calidad, el cuadro seis sigma que ha tenido diversas aplicaciones en empresas mexicanas (Aguilar, primitivo Reyes, 2002). El modelo seis sigma es sin duda la mejor estrategia de gestión de calidad, actualmente se aplica en muchas organizaciones, las empresas entrenan su personal en las técnicas de investigación económica, el diseño de experimentos estadísticos, el empleo de Excel y Minitab, se presentan como los paquetes de software más utilizados. En otras técnicas y herramientas se citan las siguientes:



El **Análisis del ciclo de vida (ACV)** supone que todas las etapas de la vida de los materiales propician impactos ambientales; de lo que se deriva cada vez más ampliamente, que para conciliar los intereses de producción y del medio ambiente deben reorganizarse los procesos del flujo de materiales y energía. Esta herramienta de análisis surgió de los estudios realizados en la búsqueda de una mayor eficiencia energética, a raíz de las crisis petroleras más recientes.

El **método de costo de ciclo de vida (CCV)** evalúa productos desde el punto de vista económico, a través de un periodo de tiempo común para grupos de materiales. Pueden ser comparados varios materiales y productos alternativos para un determinado requerimiento sobre la base de la inversión inicial (menos valor de rescate), reposición, operación, mantenimiento, reparación y confinamiento

Normas (Ambientales) ISO 14000, en la cumbre de Rio de Janeiro, la Organización Internacional para la Estandarización se comprometió a desarrollar una serie de normas para los temas de gestión ambiental y la prevención de la contaminación, por lo que inicialmente se creó la norma ISO 14001, concebida para contribuir a alcanzar el desarrollo sustentable (ISO,2005) Actualmente es toda una familia de normas internacionales que continua desarrollándose con el propósito de que empresas, dependencias y agencias internacionales integren voluntariamente sus procesos y productos en un marco de gestión ambiental y la prevención de la contaminación, por lo que inicialmente se creó la norma ISO 14001, concebida para contribuir a alcanzar el desarrollo sustentable (ISO,2005).

El siguiente cuadro Resume y compara los métodos y técnicas de apoyo a la sustentabilidad

Métodos y Técnicas	Objetivos	Fortalezas	Debilidades	Comentarios
Evaluación de impactos ambientales(EIA)	Analiza a priori los impactos ambientales de proyectos o inversiones	Toma en cuenta más de una alternativa de proyecto	Involucra subjetividades de quien los concibe o elabora	Es fundamental que la EIA se realice en la etapa de anteproyecto
Indicadores de sustentabilidad	Proporciona valoraciones cuantitativas y cualitativas para estimar si está o no en camino a la sustentabilidad	Permite reducir la dependencia de la simple intuición para conocer el estado de mejoramiento o empeoramiento de la calidad ambiental y social	Existe un sesgo debido a las subjetividades de quien los concibe o elabora	No proporcionan respuestas por sí mismos, solo valoran conceptos que se requiere conocer
Análisis del ciclo de vida	Relaciona los efectos ambientales generados a los largo del ciclo de la vida de los materiales	Incluye el ciclo de vida completo de los productos y procesos	Carece de detalle espacial y temporal. No considera aspectos sociales y económicos	Se traslapa con varias técnicas EIA, normas ISO, indicadores sustentables, ciclo de vida económica
Normas ISO 14000	Regulan la gestión ambiental prevención de la contaminación , y contribuye a la búsqueda de la sustentabilidad	Los países, organizaciones y empresas pueden adoptar las normas en función de sus necesidades y limitaciones	La adaptación de las normas no es indicativo de que se respetara el medio ambiente ni que aumentaran automáticamente la calidad de los productos	Hasta ahora son de adaptación voluntaria
Decisiones multicriterio	Trata problemas de optimización de varios objetivos simultáneos (económicos, ambiental) que frecuentemente están en conflicto	Existen soportes informativos comerciales para resolver con rigor científico las ponderaciones de las diferentes alternativas	El decisor sesga el resultado final con la inclusión de sus preferencias	En ocasiones también se les denomina decisiones multiatributo
Ciclo de vida económico de los materiales	Valora el rendimiento económico de los materiales desde la instalación hasta un tiempo prefijado	Se evalúan simultáneamente grupos de productos	Si no se extreman cuidados se pueden confundir los conceptos costo del ciclo de vida y análisis del ciclo de vida	Es una técnica muy reciente que todavía le falta mucho desarrollo

Cuadro 3. Métodos y técnicas de apoyo a la sustentabilidad



Evaluación de Impactos Ambientales. La herramienta metodológica más tradicional para la gestión de temas ambientales es la **Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)**. La realización de este tipo de análisis es ya parte integral de los estudios de prevención y de la realización de proyectos de cierta envergadura. En efecto, cada vez en más países es una obligación legal preparar evaluación o estudios de impacto ambiental, para los proyectos que pueden alterar significativamente el entorno de su ubicación.

Modelos de desarrollo sustentable en el sector de electrodomésticos: Dentro de la manufactura esbelta existen, metodologías que tienen como objetivo mejorar el orden y la limpieza, identificar fuentes de variación, reducir el tiempo en cambio de modelo, administrar la cantidad de disponibilidad de materiales además de dispositivos de prueba y error. Lean manufacturing (manufactura esbelta) es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los ocho tipos de "desperdicios" (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos, potencial humano subutilizado) en productos manufacturados. Eliminando el despilfarro, la calidad mejora y el tiempo de producción y el costo, se reducen. Las herramientas lean (en inglés, "sin grasa" o "ágil") incluyen procesos continuos de análisis, producción "pull", y elementos y procesos "a prueba de fallos".

La aplicación de las **5 S**: Esta herramienta determina que el ambiente sea de calidad, es decir, que en el ambiente se puedan llevar a cabo tanto pruebas de calidad exitosas como que el producto terminado sea de una calidad que no sólo cumpla con los requerimientos del cliente, sino que los excede, también permiten que el lugar de trabajo sea organizado, ordenado y limpio, y por ende un lugar de trabajo seguro.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM, Total Productive Maintenance) es una adaptación del Mantenimiento Productivo occidental, al que los japoneses han añadido la palabra "Total" para especificar que el conjunto del personal de producción debe estar implicado en las acciones de mantenimiento y, asimismo, que deben ser integrados los aspectos relacionados con el mantenimiento de equipos, preparación de equipos, calidad, etc., que tradicionalmente se trataban de forma separada. Este enfoque de mantenimiento puede ponerse en práctica con rapidez y supone enseguida una reducción considerable de la falta de disponibilidad de las máquinas, al mismo tiempo que disminuye los niveles de errores, incrementa la productividad y reduce los costes. Llevar un sistema estadístico y un Control Estadístico de Procesos para verificar la evolución y regularidad en la evolución de las máquinas forma parte también del TPM.

Producción uniforme: Para eliminar el desperdicio, los sistemas productivos **JIT** tratan de mantener un flujo de producción uniforme. Los cambios en la demanda final provocan fuertes variaciones en el ritmo de producción de la cadena de montaje final, que se trasladan multiplicadas a las células de producción de componentes. Para que el sistema JIT funcione adecuadamente, es preciso alcanzar niveles muy elevados de calidad. La meta es alcanzar el "cero defecto".

Redes de proveedores: Disponer de una red de proveedores dignos de confianza es vital para el sistema JIT. Es necesario que los proveedores cumplan con exigentes requerimientos de calidad, y que se ubiquen en las proximidades de la empresa, para facilitar entregas frecuentes de pequeños lotes de partes o componentes.



El modelo de optimización planteado en esta investigación fue diseñado tomando en cuenta diferentes técnicas, herramientas, particularmente el cuadro de mando seis sigma aplicado en el diseño de experimentos estadísticos, si bien ninguno de los modelos existentes cubre de forma integral la secuencia de pensamiento de los 5 pasos de nuestro modelo propuesto. El paso de convertir lo que es un componente común a único obteniendo una radiografía de cada uno de los componentes o elementos que forman un pieza reconociendo similitudes y diferencias y después contrastar estas características con lo que tiene una función primordial para el cliente final es una aportación a los modelos y/o metodologías existentes.

Propuesta del Modelo de optimización de los recursos electrodomésticos

Dentro de la aplicación de los 5 pasos descritos para la optimización de los recursos se aplicaron 6 fases dentro del modelo como se describe a continuación en el Cuadro 4.

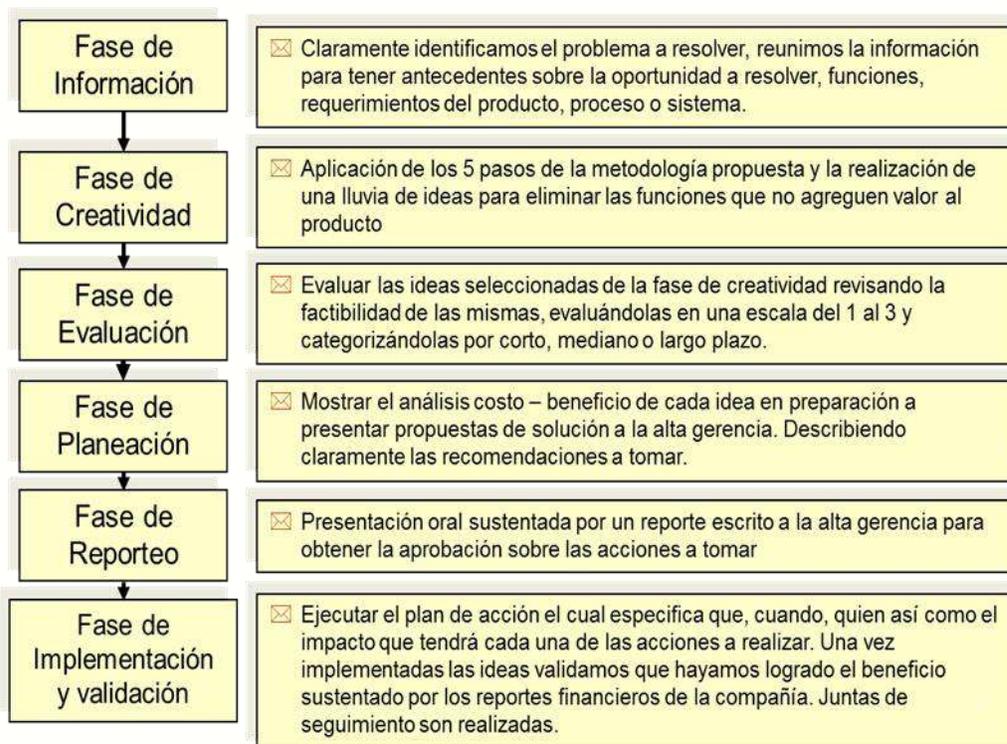


Figura 1. Fases dentro del modelo para la optimización de recursos. Fuente: elaboración propia.

Al seguir una estructura de fases se logró ir desde el origen que es la recopilación de los datos, hasta la validación de las propuestas atravesando una fase de creatividad, evaluación, planeación, reporte e implementación En la aplicación del modelo se ha encontrado que existen diferentes escenarios al realizar el análisis de valor de los productos y sus componentes.

VARIABLES E INDICADORES

El costo total de un producto se divide en 3 categorías:

1. Costo del Material – típicamente oscila entre 55 a un 75 % del costo total del producto dentro de las plantas mostrando un promedio del 65 % de costo de materiales dentro de la estructura de costo de la empresa.
2. Costo de la mano de obra directa, lo que significa gente que manufactura el producto
3. Costo debido a los costos fijos y variables excluyendo las categorías 1 y 2. Dentro de los cuales encontramos los salarios de la gente de confianza como Ingenieros, supervisores, y directivos así como el pago de la luz, teléfonos, renta del edificio, etc.

Las variables e indicadores serán estas 3 categorías las cuales nos muestra el costo excesivo de materia prima que provoca un consumo excesivo sin necesidad de tenerlo debido a que una vez aplicada la metodología de innovación descubrimos que podemos reducir la cantidad de materiales utilizados lo cual provoca un impacto financiero positivo que será el detonante de progreso para la sociedad y el mundo debido a que existirá materia prima para explorar nuevos productos y capital dentro de la empresa para desarrollo de nuevas tecnologías que traigan certidumbre a los empleados y sus familias. (Ver figura 2)

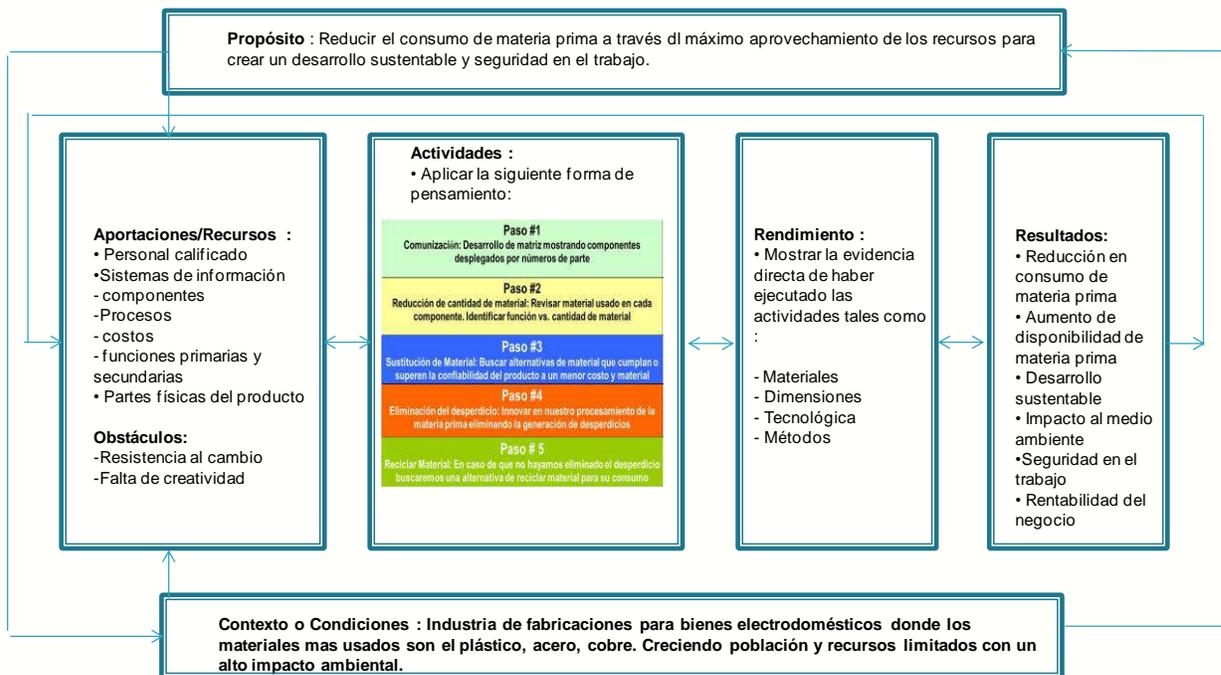


Figura 2. Modelo para la optimización de los recursos. Fuente: Elaboración propia.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es experimental ya que no existe referencia previa sobre un modelo enfocado a reducción de materia prima con el enfoque de 5 pasos propuesto en esta investigación, es descriptiva ya que cada concepto del modelo ha sido definido y se mide su contribución en términos de rentabilidad para la empresa. Para finalizar esta investigación es correlacional debido a que estableceremos cual es la correlación entre la disminución del consumo de materia prima con la rentabilidad de la empresa. Esta investigación ha

desarrollado un diseño de experimentos “puros” verdaderos de acuerdo con las categorías de Campbell y Stanley (1966) ya que el estudio cumple con los 3 requisitos para ser considerado dentro de esta categoría:

1. Manipulación intencional de una o más variables independientes. La variable independiente es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables es la condición antecedente; y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente (consecuente); 2. Medir el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente; 3. Control y validez interna de la situación experimental. De acuerdo con el “Manual de técnica de la investigación educacional” de Meyer lograr “control en un experimento es controlar la influencia de otras variables extrañas –que no son de nuestro interés (Van Dalen & Meyer, 1984)

En esta investigación se ha manipulado intencionalmente variables independientes dentro de dos niveles seleccionados arbitrariamente. Se considera a estas variables seleccionadas como las supuestas causas que pueden cambiar el resultado en la variable de salida seleccionada que es el efecto a la cual también se ha llamado variable dependiente. También a través del Pareto de los efectos se ha medido el impacto de las variables independientes sobre la variable dependiente permitiendo tener en cuenta si existe o no una relación estadísticamente significativa entre las variables independientes y la variable dependiente. Además se identificaron las variables extrañas o de ruido que no están dentro del modelo como un experimento, al identificarlas se ha podido controlar para que no tengan un impacto en la experimentación.

DISEÑO EXPERIMENTAL: Esta dado por el número de factores y niveles los cuales han sido utilizados en el programa MINITAB:

- Número de Factores : 4
- Número de Niveles: 2
- Tipo de diseño: Factorial Completo
- Número de experimentos: 16
- Variables de ruido : Temperatura del ambiente en área de moldeo mantenida constante a 24 grados centígrados ; Aire comprimido para operar las maquinas moldeadoras utilizando los 200 caballos de fuerza para el equipo Quincy (marca del compresor) de forma constante al realizar la experimentación.
- No consideramos necesario el realizar replicas dentro del diseño experimental debido al tiempo limitante para utilizar las maquinaria, así como la inversión requerida para realizar la experimentación.
- Consideramos utilizar un factorial completo en lugar de un diseño fraccionado porque queríamos entender lo que ocurría en cada una de los factores interactuando entre si, 16 experimentos fue algo que requería una inversión y tiempo alto pero que al mismo tiempo cubre un espectro mayor



de datos relevantes para el objetivo, en lugar de limitarnos con un diseño fraccionado.

- Los nombres de los factores que son consideradas las entradas del diseño de experimentos y sus niveles son como a continuación se muestra:

Factor # 1: Tipo de materia prima

Nivel Bajo: Con colorante

Nivel Alto: Sin colorante

Factor # 2: Aplicación

Nivel Bajo: Whirlpool

Nivel Alto: Mabe

Factor # 3: Espesor de material

Nivel Bajo: 0.25 mm

Nivel Alto: 0.27 mm

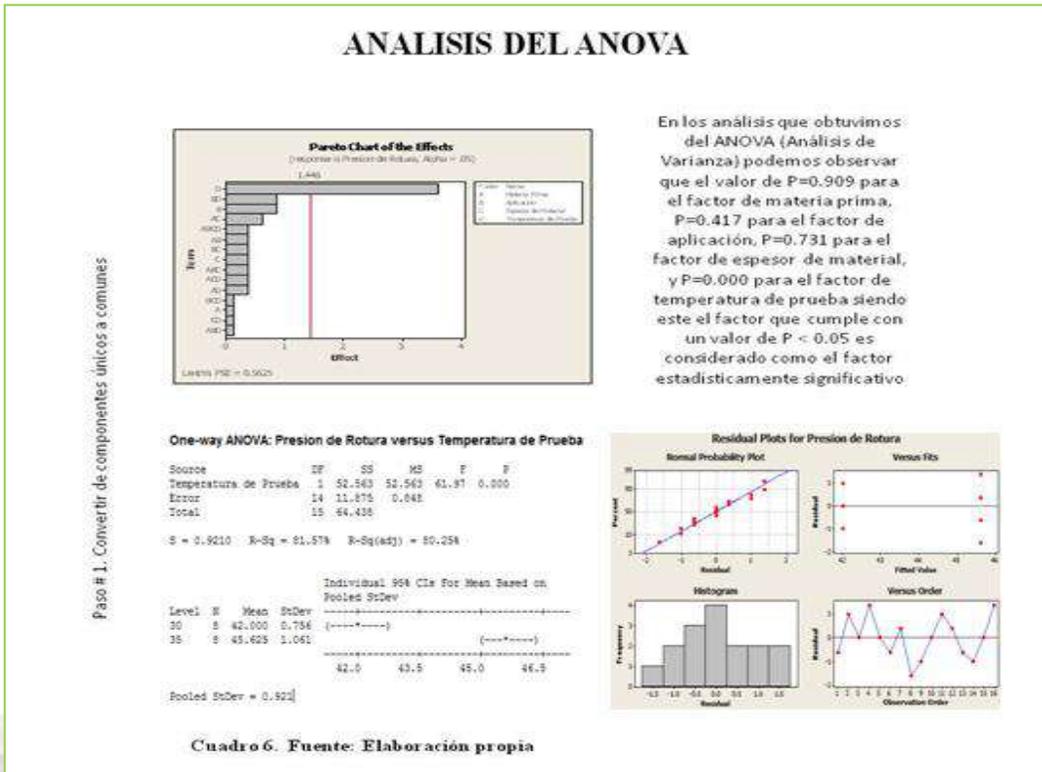
Factor # 4: Temperatura de la prueba

Nivel Bajo: 35 grados F.

Nivel Alto: 30 grados F.

Hemos declarado también una variable de respuesta para medir el efecto de las variables de entrada, la presión de rotura será nuestra variable de salida en nuestros experimentos.

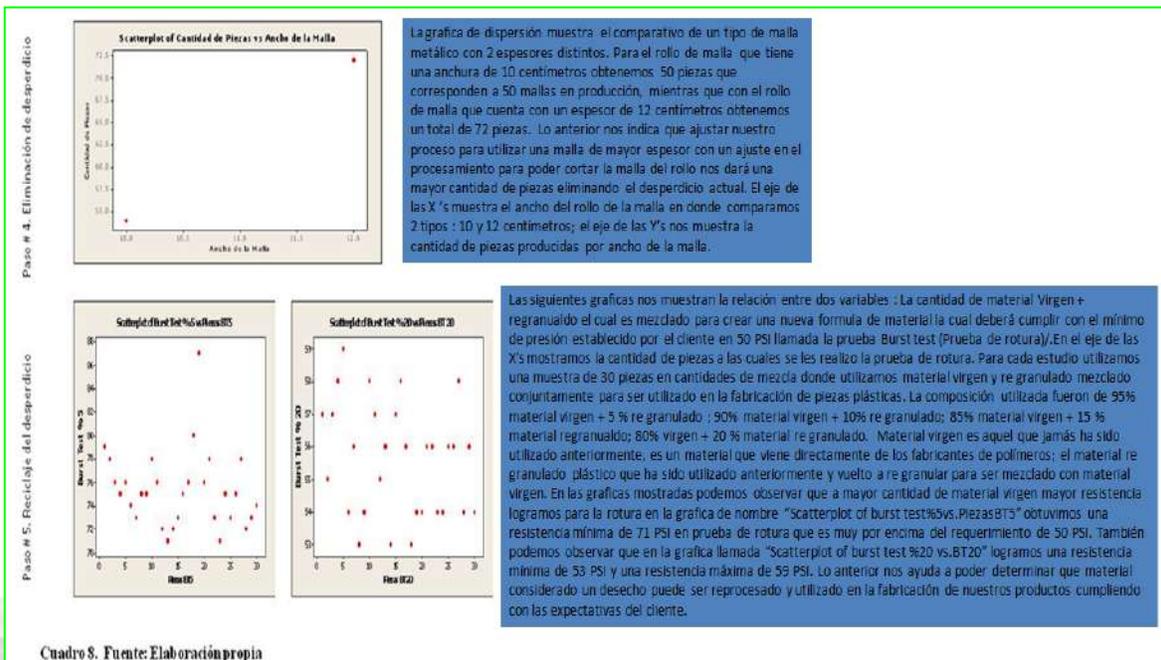
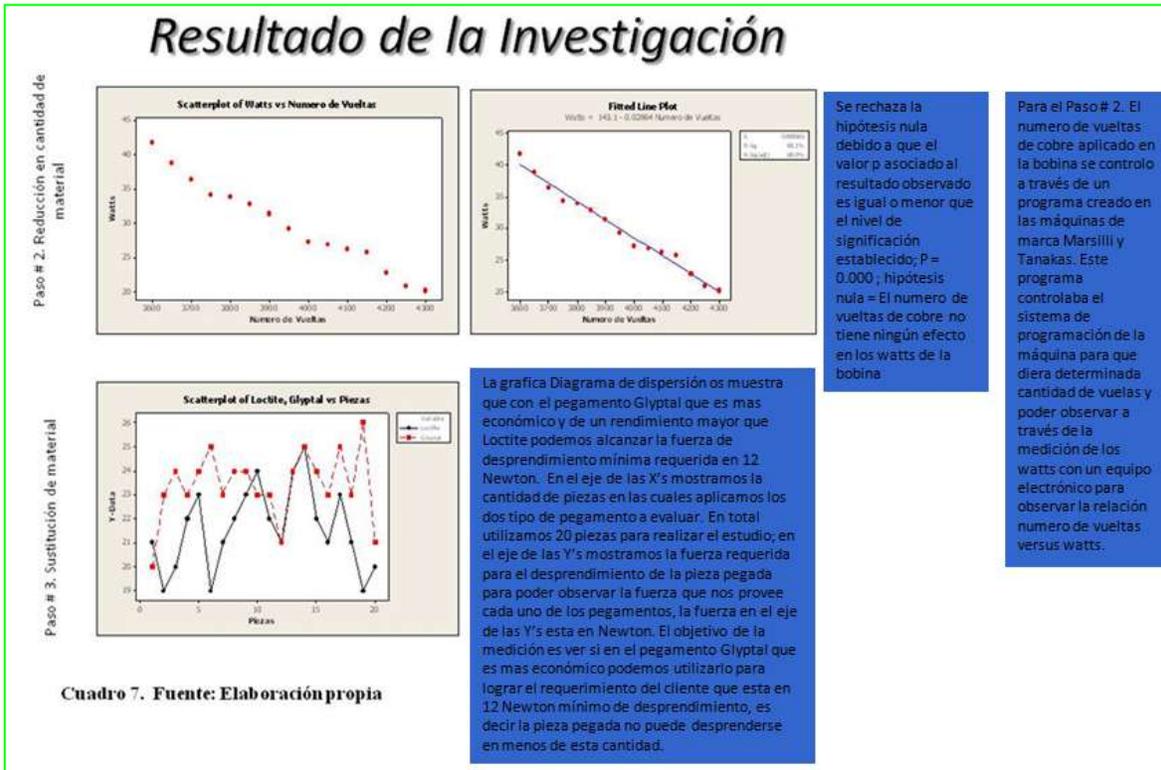
En el cuadro 6 se presentan los resultados del Anova (análisis de variancia) de la prueba de la materia prima correspondiente al paso#1: **Convertir de componentes únicos a comunes**. En el cuadro 7 se presentan los resultados de las pruebas de los pasos #2: **Reducción de cantidad de material y #3 Sustitución de material**.



En las siguientes gráficas de resultados observaran un ejemplo de cómo fue aplicado cada uno de los pasos que constituyen nuestro modelo. Esta es la razón de que para el Paso 1. Convertir componentes únicos a comunes nuestros factores son Tipo de materia prima,



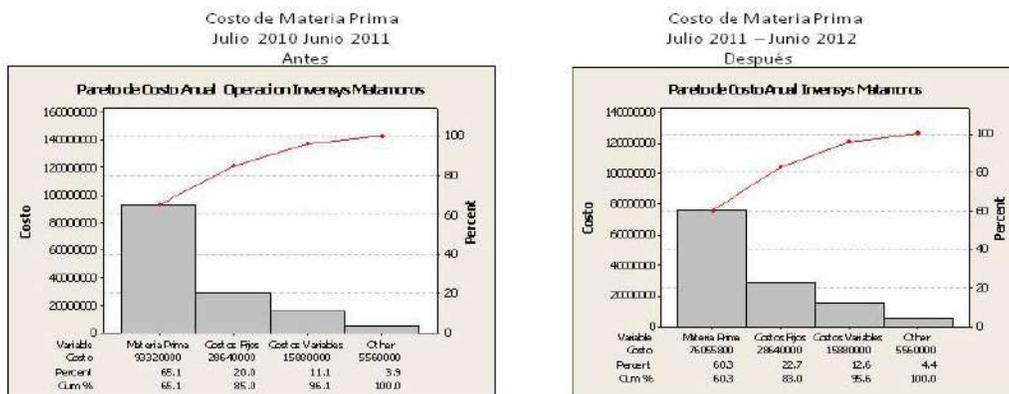
espesor de material, aplicación, y temperatura de la prueba son distintos a otros factores en los pasos 2,3,4 y 5 mostrados a continuación.



- A continuación en el cuadro 9 mostramos el antes y después en el costo de materia prima para la fabricación de bienes dentro de la organización.



Reporte de Resultados



Cuadro 9. Fuente: Elaboración propia

Al realizar una comparación entre el escenario antes y después, podemos observar que la mejora en consumo de materia prima medida en el costo anual de este concepto ha sido de 17, 264,200 Millones de dólares como mejoramiento a través de la aplicación del modelo para la optimización de materia prima comparando el periodo de Julio 2010 – Junio 2011 a Junio 2011 – Junio 2012 lo cual representa un 18.5 % de mejoramiento en productividad de materiales

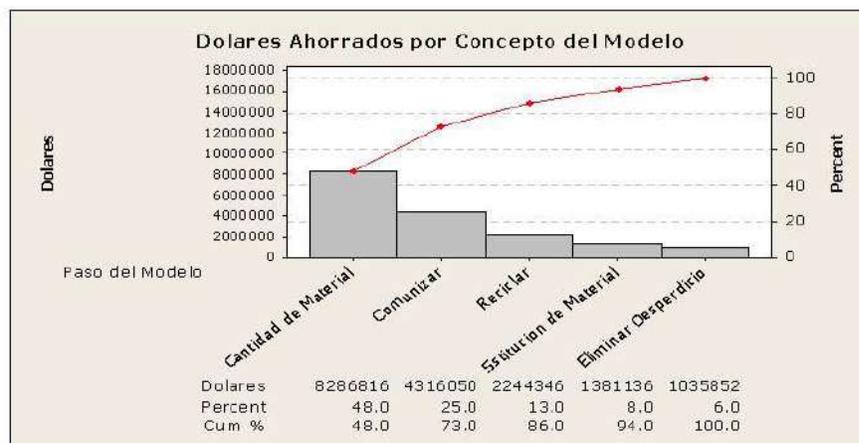
Reporte de Resultados



Cuadro 10. Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la anterior grafica la utilidad dentro del periodo que abarca entre Julio 2010 – Junio 2011 fue de un 13.09 %, una vez aplicado el modelo se logro un incremento de un 10.46 % para llegar a una utilidad del 23.55 %. Analizando los resultados de utilidad dentro de los últimos 10 años en el periodo que abarca del 2002 al 2012, la compañía no había logrado un incremento en la utilidad de más del 10 %.





Cuadro 11. Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 11, podemos observar que el paso que consiste en reducir la cantidad de material enfocado en las características físicas de un producto es el paso que nos ha dado la mayor cantidad de reducción en el consumo de materia prima representado en 8, 286,816 Millones de dólares dentro del periodo de Julio 2011 a Julio 2012.

CONCLUSIONES:

Se comprobaron las hipótesis planteadas: **las cuales se enlistan a continuación:**

1.- A través de un modelo de optimización de la materia prima, propuesto en esta investigación, es posible reducir y sustituir materias primas, que incrementen las utilidades de la empresa y la calidad de vida de la sociedad. 2.- Utilizando el experimento a través del programa MINITAB es posible medir las variables de salida, considerando los factores y niveles que se miden como alto o bajo. 3.- Es posible establecer que existen relaciones estadísticamente significativas entre las variables independientes y las variables dependientes.

Una vez aplicado el modelo de optimización de los recursos, se logró reducir el consumo de la materia prima en los productos de mayor volumen, dentro del periodo comprendido de Julio 2010 a Junio 2011 la compañía consumió un total de 93,320,000 dls. en materia prima, una vez implementado el modelo, dentro del periodo de Julio 2011 a Junio 2012 se redujo a un total de 76,055,800 dls logrando una mejora de 18.5 % en productividad en materia prima, la cual tuvo un impacto dentro de la utilidad del negocio, de Junio 2010 a Julio 2011, fue de 13.09 % mientras que en el periodo de Julio 2011 a Junio 2012 alcanzó el 23.55 % lo cual significo una mejora en la utilidad del 10.46 %.

Aplicando el paso#2 de Reducción de material el número mínimo de vueltas de hilo de cobre era de 400 vueltas para obtener un promedio de watss inferior a 27 Watts, con la aplicación del modelo se logró reducir a 300 vueltas de cobre por pieza, considerando una producción anual de 30 millones de bobinas, lo anterior dio como resultado la reducción de

utilización de cobre al romper el paradigma de número de vueltas que no era posible cambiar. Asimismo aplicando el paso#5 del Modelo de reciclaje de desperdicios se logró reciclar un total de 170,000 kilogramos de plástico que más tarde se convertía en problemas para la sociedad, aplicando una técnica de integrar el plástico de desecho con material virgen.

Hemos podido notar la diferencia que existe entre las locaciones donde la metodología se ha implementado. En la planta localizada en Matamoros, México donde ha nacido este modelo hemos sido capaces de generar 44 ideas e implementado 41 de ellas para una efectividad de 93 %, mientras que en las 5 locaciones adicionales donde este modelo ha sido aplicado se han generado un promedio de 22 ideas e implementado 10 ideas para una efectividad de 48 %.

Una línea de investigación futura es el observar cual sería el impacto en el desarrollo organizacional a través de la aplicación del modelo en otras locaciones en diferentes continentes donde la compañía tiene operaciones. Considerando el desarrollo organizacional como una estrategias selecta, así como ayudar en la reducción del consumo de materia prima en beneficio de la sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blanca Iris Romero, Rodríguez, El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental, Boletín IIE (IIE: Instituto de Ingenieros Industriales), julio-septiembre del 2003

Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1966). *Experimental and cuasiexperimental design for research*. Chicago: Rand McNally (traducido al castellano como *Diseños experimentales y cuasi experimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu, 1973).

Cascio Woodside, G. Mitchey, Guía ISO 1400, las nuevas normas internacionales para la administración ambiental. Ed. Mc Graw Hill, España, 1997.

David Roodman, The Commitment to Development Index 2005Center of Global Development www.cgdev.org/initiative/commitment-development-index

Francisco Javier Tejedor Análisis de varianza aplicado a la investigación en Pedagogía y Psicología. Editorial Anaya, Madrid, España.1984

Fedro Carlos Guillén, Educación, medio ambiente y desarrollo sostenible Revista Iberoamericana de Educación publicada por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura publicada en 1996

Sergio Hernández y Rodríguez, Gustavo Palafox de Anda, Administración: teoría, proceso, áreas funcionales y estrategias para la competitividad. Editorial: McGraw-Hill Interamericana México, D.F, 2012, tercera edición.

Secretaria de Economía, sistema de auto diagnóstico, Comité Nacional de productividad e innovación, México, 2012. www.contactopyme.gob.mx/autodiagnostico/cgis/index.asp

Munch Galindo, L., & García Martínez, J. (1997) Fundamentos de Administración. Editorial Trillas. Segunda Edición 1997..



Nydia Suppen y Bart van Hoof. Centro de Análisis de ciclo de vida y diseño sustentable. Conceptos básicos del análisis de ciclo de vida y su aplicación en el ecosistema. Centro de Análisis de ciclo de vida y diseño sustentable

Lean Six Sigma Pocket Toolbook – Michael L. George, David Rowlands, Mark Price, and John Maxley. McGraw-Hill, 2005.

Indicadores de Desarrollo Sustentable en México Impreso en México ISBN 970-13-3015-3
Naturaleza y Desarrollo Sustentable .Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática Edificio Sede Av. Héroe de Nacozari Núm. 2301 Sur Fracs. Jardines del Parque, CP 20270 Aguascalientes, Ags. www.inegi.gob.mx
atencion.usuarios@inegi.gob.mx

United Nations Human Development, Reports 2006,
<http://hdr.unpd.org/en/reports/unirednation>

.VAN DALEN, D. B., y MEYER, W. J. (1984). *Manual de técnicas de la investigación educacional*. México, D.E: Editorial Paidós Mexicana. Segunda reimpresión.

WIERSMA, W. (1986). *Research methods in education: an introduction*. Boston, Mass: Allyn and Bacon

Hemerografía

Aguilar, Primitivo Reyes, *Manufactura delgada (Lean) y seis sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones*. Contaduría y administración, 2002, no. 205, p.51-69.

