

1er. Congreso Internacional de Administración.

Políticas óptimas en el ámbito operativo de la planeación de la producción y el desempeño financiero

Área de investigación seleccionada:

Finanzas y Economía

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Lázaro Jaime Garrido López¹, Héctor Daniel Molina Ruiz², Gabriel Almazán Vega³, Ismael Reyes González⁴

¹ Maestro en Administración, ² Maestro en Ingeniería de sistemas, ³ Maestro en Ciencias,

⁴ Maestro en Ciencias.

Resumen:

Las empresas de hoy, miden su desempeño con la finalidad de contar con los elementos suficientes que le permitan observar de manera casi inmediata su funcionamiento en la búsqueda de optimizar sus recursos y minimizar sus costos a través de la planeación y el diseño de **políticas óptimas** que le permitan lograr rentabilidad atractiva para sus socios y continuar con una operación sana y de largo plazo.

La presente investigación en desarrollo, considera la planeación operativa en forma conjunta con la financiera, como lo explica **Protopappa-sieke** (2010), “La gestión financiera de la cadena de suministro y de capital de trabajo están recibiendo cada vez más atención como importantes vías para incrementar la rentabilidad de las cadenas de suministro”, por su parte, **Martín Darío Arango Serna** en “Modelización Difusa para la Planificación Agregada de la Producción en Ambientes de Incertidumbre” considera el apoyo a los procesos de toma de decisión en la planificación de la producción a mediano plazo cuando existen parámetros con incertidumbre en la demanda.

En una primera etapa se trabajará con Protopappa y Martín Arango en la emulación de sus resultados con la finalidad de dominar su metodología. Una segunda parte constará de revisar la información de empresas de la región a través de trabajo de campo, una tercera conjuntará la operatividad y la actividad financiera del capital de trabajo enfocada en estas empresas, para terminar en una cuarta etapa en la metodología adecuada a la región.

1,2,3,4 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo- Escuela Superior Tepeji (ESTe). Av. del maestro s/n, Colonia Noxtongo, 2ª Sección, C.P. 42855, Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo, Teléfono: (0177) 1717.2000 Ext: 5850, e-mail: 1jlgarrido@hotmail.com, 2m_en_i_molina_ruiz@engineer.com, 3galmazand@hotmail.com,
4 ismaelreg@hotmail.com

Aspectos de alto impacto en la planeación y gestión financiera como son la Programación Lineal, Inteligencia de Negocios, Medición de desempeño, Indicadores financieros, Indicadores operativos, Herramientas para la Toma de Decisiones Estructuradas, Semi-estructuradas y no Estructuradas, serán consideradas de tal manera que el impacto en el desarrollo de las empresas llegue a ser el medio para optimizar las políticas operativas y financieras en las empresas.

Palabras Clave:

Programación Lineal, Inteligencia de Negocios, Medición de desempeño, Indicadores financieros, Indicadores operativos, Herramientas para la Toma de Decisiones Estructuradas, Semi - estructuradas y no Estructuradas.

Introducción

Una de las líneas de investigación que se cultivan en la Escuela Superior de Tepeji (ESTe) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo es la de Diseño y Optimización de Sistemas Sociotécnicos, dentro del programa académico de Ingeniería Industrial. Asimismo, es bien sabido que la creación de Redes Temáticas de Colaboración en investigación promueve la integración de los conocimientos y de la experiencia de diferentes actores vinculados con trabajos de investigación, para que se aboquen al abordaje colectivo de una problemática en particular. De esta manera, el grupo se integra al cuerpo de investigación de la carrera de la Licenciatura en Administración, dentro de la misma ESTe, para abordar la problemática de optimización en el ámbito de la planeación de la producción y el desempeño financiero.

Se busca crear un enfoque conjunto entre los aspectos financieros y operativos de una organización para la toma de decisiones, lo cual conlleva a crear un modelo de optimización a través de la interrelación de los mencionados criterios para lograr minimizar costos considerando los diferentes elementos que cada área toma para la planeación, así como la forma en que trabajan las empresas industriales de la región Tepeji-Tula.

Tomando como base la replicación de los artículos que conforman las referencias básicas, Protopappa-Sieke y Seifert (2010), Arango Serna, et al. (2010), para generar certeza en la aplicación de datos al considerar los casos particulares de la región, lo que permitirá crear una herramienta de inteligencia de negocios que logre formular una visión estratégica conjunta financiera-operativa, para la toma de decisiones.

Adicionalmente se está desarrollando lo que hemos denominado un *corpus léxico hipervinculado* de conceptos y fuentes de información que permita, mediante un enfoque heurístico y hermenéutico, dar seguimiento a nuevas ideas, enfoques y orientaciones de investigación, Almazán (2012).

Desarrollo:

En las décadas pasadas han habido cambios considerables en los métodos tradicionales de la post-guerra para la medición del desempeño (Kald y Nilsson, 2000), dichos cambios surgen en el quehacer diario del sector industrial debido a la creciente globalización y a la presión de la competencia a nivel regional, nacional e internacional (Molina Ruiz, 2012). El enfoque usual está basado principalmente en el cálculo de indicadores financieros como: ventas, beneficios (ganancias y utilidades), endeudamiento y retorno de inversión. Esta medición del desempeño estaba asentada en estándares determinados, con el objetivo de medir el rendimiento de cada proceso, fundamentalmente el desempeño individual y someramente en el desempeño de la organización en conjunto (Kanji, 2005: citado en De Waal *et al.*, 2009). En los años 70's y 80's, transformaciones esenciales en los sistemas industriales crearon un estimulante ambiente de negocio, el cual provocó en las organizaciones, la búsqueda de herramientas que fueran capaces de proveer una mejor visión de las actividades de la empresa y el desempeño operacional. La creciente importancia de dichos cambios ha intensificado la necesidad de controles y mediciones alternativas del desempeño (Davis y Albright, 2004) esto debido al ambiente competitivo y cambiante al cual se enfrentan la organizaciones en la actualidad y, muy probablemente, también al cual se seguirán enfrentando las empresas de bienes y servicios, en el mediano y largo plazo (Molina Ruiz, 2012).

Las empresas usan los sistemas de medición del desempeño para establecer sus metas, lograr sus objetivos financieros, ordenar el ambiente laboral en una sola dirección productiva. Además las empresas también monitorean sus procesos, tanto internos como externos, y el impacto que las decisiones tomadas tienen sobre el desempeño de la compañía (Molina Ruiz, 2012). Los sistemas tradicionales de medición del desempeño se perciben cada vez menos satisfactorios, dado que sólo contienen información financiera (unidimensional) y carecen de un vínculo entre las competencias, fortalezas y debilidades, de la corporación y la dinámica del negocio. Dichos sistemas tradicionales conservan una visión retrospectiva y de corto plazo, por lo cual poseen un escaso contenido estratégico (Kald y Nilson, 2000).

El desempeño de la organización es dinámico y cambiante. Consecuentemente, las interacciones del desempeño (internas y externas) deben ser cuantificadas (Najmi *et al.*, 2005), esta medición permite a los implicados en la toma de decisiones, ejercer acciones correctivas cuando se considera necesario.

En la búsqueda constante por mejorar la rentabilidad y situación financiera de la entidad, los investigadores han encontrado que raramente se reconoce la interdependencia entre el **flujo financiero y el operativo** y que las decisiones son basadas en diferentes criterios (Protopappa-Sieke 2010), Así, mientras que la planeación de la operación se decide en función de niveles de inventario, niveles de servicio, dirigir el desempeño financiero en términos de ganancia, necesidades de capital de trabajo y de retorno de inversión, los administradores financieros

toman decisiones parcialmente arbitrarias enfocadas al rango deseado de desempeño financiero que en muchos casos se convierten en restricciones para el consecución de la planeación operativa.

La incorporación de las decisiones financieras en la cadena de suministros y la revisión constante de los modelos de inventario desde el punto de vista de restricciones de capacidad, son temas que han sido abordados por varios investigadores como Shen 2005, Ettl et al., 2000, Sharma and Bhagwat 2007, Buzacott and Zhang 2004, por citar solo algunos.

Sin embargo ha crecido constantemente el reconocimiento de la importancia de conjuntar las decisiones financieras y operativas como un medio para incrementar las utilidades en la cadena de suministro.

Las ganancias de los cargos financieros recibidas por la organización pueden ser utilizadas para cubrir el costo que implica el contrato inicial o el riesgo que la misma organización asume. Con ello se logra flexibilidad en el precio y, bajo condiciones de mercado competitivas, el cargo del financiamiento puede influir en la oferta de precios bajos a los futuros compradores (Smith, P. F., 1962).

Por otra parte las empresas tienen que enfrentar los problemas que les plantea la incertidumbre en la demanda y cuyos factores impactan el desempeño financiero (Martín Arango et al. 2010), propone la modelización difusa como herramienta de apoyo para la toma de decisiones para la planeación la producción en donde se encuentran parámetros con incertidumbre precisamente en la demanda.

Partiendo de la revisión inicial de la literatura de Protopappa-Sieke y Seifert (2010), Arango Serna, et al. (2010) se han ubicado los conceptos y el estado actual relacionado con la optimización en la gestión de la cadena de suministro operativa, así como la consideración conjunta de ésta con la cadena de suministro financiera. Conceptos como Capital de Trabajo, Indicadores de Desempeño Operativo y de Desempeño Financiero, Rentabilidad, ROI, Satisfacción del Cliente, Demoras en Pagos (en los ámbitos, hacia el proveedor y del cliente), Niveles de Inventarios, Predictibilidad en el Flujo de Efectivo, Ahorros en Costos, Políticas de Ordenamiento Óptimas, Relaciones de Compromiso y los vínculos a considerar en un modelo matemático que busque dilucidar los parámetros óptimos conjuntamente considerados, bajo un escenario específico. Lo anterior derivado de los avances en la investigación, tanto de carácter cualitativa como cuantitativa.

En Arango Serna, et al. (2010) encontramos un modelo de programación lineal que incorpora un parámetro difuso como una alternativa al enfoque estocástico para enfrentar la variabilidad de la demanda, en el contexto de minimizar los costos al elaborar el plan agregado de la producción que siga dicha demanda. El modelo resultante cuenta con 84 variables de decisión, derivadas de 7 variables fijas, que aparecen en 12 periodos mensuales, en un horizonte de planeación de un año; en tanto que el número de restricciones resultante es de 120, 10 por cada periodo, derivadas del mercado, los materiales e inventario, la capacidad, y las

políticas de carácter administrativo asociadas a la producción, además de la no negatividad.

Para la resolución del modelo resultante se han utilizado las siguientes herramientas:

1. El complemento *Solver* del paquete *Excel* de *Microsoft Office*,
2. *Lingo* (versión de evaluación),
3. *LPSolve* (Software Libre).

Es importante mencionar las limitaciones de *Solver*, que en su versión integrada originalmente al paquete de *Office* sólo permitía, en 2005, hasta 200 variables de decisión, de acuerdo con Buttrey (2005), en tanto que *LPSolve* podía manejar 10,000 variables y 50,000 restricciones, sin costo alguno (ibidem). Por otra parte, con el objeto de replicar los resultados de Arango Serna, et al. (2010), se capturaron los datos del modelo en una hoja de un libro de *Excel* sin obtener el valor esperado ni poder ejecutar con éxito la resolución para variables enteras, tal como se reporta en el artículo de referencia.

La captura del modelo en uno de los formatos que provee *LPSolve* tampoco nos llevó a igualar los resultados del autor, observando una discordancia entre todos éstos: El del artículo, el de *Solver* y el de *LPSolve*. Por lo anterior, se decidió habilitar un enlace entre *Excel* y *LPSolve* que permitiera hacer un llamado a una Biblioteca de Enlace Dinámico (DLL) suministrando los datos capturados en la hoja de *Excel* para evitar así los errores de captura de datos de los modelos en los distintos sistemas y además contar con el beneficio de la mayor amplitud de variables y restricciones de *LPSolve*. Se logró el vínculo logrando también la resolución del modelo con variables enteras, observando una muy buena velocidad de cálculo. Se verificó nuevamente una diferencia con los tres datos a comparar por lo que se ha seguido una estrategia de revisión a través de la reducción del horizonte de planeación a 6, 3, 2 y 1 meses encontrando concordancia para los últimos dos, es decir, para uno y dos periodos entre los tres medios de resolución del modelo. A pesar de no lograr replicar el resultado, consideramos secundario este hecho para el propósito del avance en la ruta de nuestros intereses de investigación, ya que la fuente de error pudiera ser el propio artículo referido; es decir, ya se cuenta con un sistema *Excel-LPSolve* que servirá para abordar otros problemas que se desean tratar en el corto y mediano plazo, a saber: 1. Optimización de Planeación de Horarios en la Escuela Superior de Tepeji; 2. Optimización de instalación de antenas para células de sistemas para la cobertura de servicio de telefonía móvil, 3. Creación de modelos de optimización en la planeación agregada de la producción considerando algunos aspectos financieros iniciales.

A continuación se detallan los parámetros como base para el modelado en los diferentes programas o software utilizados para el presente estudio, tomados de Arango et al. (2010).

Variables de Decisión

CEi	Cantidad de empleados en el periodo i
CHEi	Cantidad Producida en Horas Extras en el Periodo i
CUSi	Cantidad de Producción Subcontratada en el Periodo i
CECi	Cantidad de Empleados Contratados en el Periodo i
CEDi	Cantidad de Empleados Despedidos en el Periodo i
PJRi	Producción Jornada Regular en el Periodo i
NUli	Número de Unidades en Inventario en el Periodo i

Parámetros

Di	Demanda Prevista en el Periodo i
CDLi	Cantidad de días Laborables en el Periodo i
CMB	Capacidad máxima en la bodega (Producto Terminado) estándar por unidad de la familia.
CHTEU	Cantidad Horas de trabajo estándar por unidad de la familia
CHEED	Cantidad de horas estándar por empleado día.
CME	Capacidad máxima de Empleados
PHE	Política límite Horas Extras
PCE	Política limite de Contrataciones por Periodo
PDE	Política limite de Despidos por Periodo
PUS	Política Limite Unidades Subcontratadas por periodo
CostHR	Coste de hora Regular
CostHE	Coste de Hora Extra
CostUS	Coste por Unidad Subcontratada
CostC	Coste de Contratar un Empleado
CostD	Coste de Despido de un Empleado
CostUI	Costo de Unidad en Inventario

Tabla de datos para los meses de
Enero a Diciembre

Periodo	Demanda Prevista	Días Laborables
Enero	2500	20
Febrero	3200	20
Marzo	3800	21
Abril	2300	20
Mayo	1800	19
Junio	2500	19
Julio	4000	21

Agosto	3200	19
Septiembre	3800	22
Octubre	2600	21
Noviembre	2100	19
Diciembre	1800	21

DATOS OPERACIONALES

Inventario final	200
Producción mes de diciembre del presente año	2000
Costo unitario de almacenamiento mensual	33.6
Costo de contratación por empleado	1120
Costo de despido por trabajador	1400
Costo de una hora de mano de obra regular	25.2
Costo de una hora de mano de obra extra	42
Costo de subcontratación por unidad	140
Límite de horas extras mensuales	5% producción. Jornada regular
Horas de trabajo por unidad	2

Los supuestos que maneja el artículo para efectos del ejercicio son:

Costos	constantes a lo largo del horizonte de planeación
Empleados al inicio	25
Días laborables	5 por semana
Capacidad de producción en horas	Normales y extras se mantienen constantes
Horas por trabajador por día	8
Horas de trabajo por unidad	2
Almacenaje de producto terminado	máximo 500 unidades
Política de horas extras	Máximo 10% del total de la producción regular
Política de contratación y/o despido	Máximo 10 empleados por periodo
Política de unidades subcontratadas	máximo 500 unidades por periodo
Cantidad máxima de empleados	50

Se sigue el procedimiento señalado en (Arango et al 2010), para determinar el conjunto difuso de valores óptimos, calculando primero los límites inferior y superior, solucionando primero los problemas de programación lineal estándar equivalentes planteados a continuación.

$$\text{Min } CAPA^+ = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{S. a. } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i + p_i \quad (i \in N_m)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j \in N_n)$$

$$\text{Min } CAPA^- = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{S. a. } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad (i \in N_m)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j \in N_n)$$

De acuerdo con el autor, la solución más eficiente se encuentra resolviendo el siguiente modelo de programación lineal.

$$\text{Max } \lambda$$

$$\text{S. a.}$$

Restricciones de capacidad

$$CDL_i * CE_i * CHEED * \left(\frac{1}{CHTEU} \right) = PJR_i$$

$$CE_{i-1} + CEC_i * CED_i \leq CME$$

Restricciones de la función objetivo

$$\lambda(CAPA^+ - CAPA^-) + \sum_{i=1}^n (CDL_i * CE_i * CHEED * CostHR) + (CHE_i * CHTEU * Costhe)$$

$$+ (CUS_i * CostUS) + (CEC_i * CostC) + (CED_i * CostD) + (NUI_{i-1} * CostUI)$$

$$\leq CAPA^+$$

Restricción difusa

$$\sum_{i=1}^n PJR_i + CHE_i + CUS_i + NUI_{i-1} - \lambda p_i \geq D_i$$

Restricciones de materiales e inventario (difusa)

$$NUI_i - (NUI_{i-1} + PJR_i + CHE_i + CUS_i) - P_i\lambda = -D_i$$

$$NUI_i \leq CMB$$

Restricciones administrativas

-Políticas de horas extra

$$CHE_i \leq PHE - PJR_i$$

-Políticas de contrataciones y despidos

$$CEC_i \leq PCE$$

$$CED_i \leq PDE$$

-Políticas de máxima subcontratación

$$CUS_i \leq PUS$$

Con esta información se procedió hacer las corridas en *solver* (complemento de Excel), obteniendo los siguientes resultados:

The screenshot shows the Microsoft Excel Solver interface. The Solver Parameters dialog box is open, displaying the following information:

- Parámetros de Solver**
- Celda objetivo: $\$R\3
- Valor de la celda objetivo:
 - Máximo
 - Mínimo
 - Valores de: 0
- Cambiando las celdas: $\$B\$3:\$H\14
- Sujetas a las siguientes restricciones:
 - $\$B\$3:\$H\$14 = \text{integer}$
 - $\$I\$107:\$I\$118 <= \$K\$107:\$K\118
 - $\$I\$121:\$I\$132 <= \$K\$121:\$K\132
 - $\$I\$134:\$I\$145 <= \$K\$134:\$K\145
 - $\$I\$150:\$I\$161 <= \$K\$150:\$K\161
 - $\$I\$18:\$I\$29 = \$K\$18:\$K\29

The background spreadsheet shows a table with columns for coefficients (CHE, CUS, CEC, CED, PJR, NUI) and rows for various constraints. The Solver window is positioned over the spreadsheet, showing the current selection of cells and the list of constraints.

Debido a las limitaciones de *Solver*, que sólo permitía hasta 200 variables de decisión, se buscaron alternativas de cálculo para una solución más aproximada a la planteada en el artículo (Arango et al 2010).

Al utilizar la versión de evaluación de Lingo V.13, se encontró la limitante que solamente puede manejar 30 variables enteras como máximo, siendo que la solución del problema lineal requiere del manejo de 84 variables enteras, por lo cual se optó por continuar con la búsqueda de mejores alternativas.

```

!Objective function;
min= 4032*CE1 + 84*CHE1 + 140*CUS1 + 1120*CEC1 + 1400*CED1 + 0*PJR1 + 33.6*NUI1
+ 4032*CE2 + 84*CHE2 + 140*CUS2 + 1120*CEC2 + 1400*CED2 + 0*PJR1 + 33.6*NUI2
+4033.6*CE3 + 84*CHE3 + 140*CUS3 + 1120*CEC3 + 1400*CED3 + 0*PJR3 + 33.6*NUI3
+ 4032*CE4 + 84*CHE4 + 140*CUS4 + 1120*CEC4 + 1400*CED4 + 0*PJR4 + 33.6*NUI4
+3830.4*CE5 + 84*CHE5 + 140*CUS5 + 1120*CEC5 + 1400*CED5 + 0*PJR5 + 33.6*NUI5
+3830.4*CE6 + 84*CHE6 + 140*CUS6 + 1120*CEC6 + 1400*CED6 + 0*PJR6 + 33.6*NUI6
+4033.6*CE7 + 84*CHE7 + 140*CUS7 + 1120*CEC7 + 1400*CED7 + 0*PJR7 + 33.6*NUI7
+3830.4*CE8 + 84*CHE8 + 140*CUS8 + 1120*CEC8 + 1400*CED8 + 0*PJR8 + 33.6*NUI8
+4435.2*CE9 + 84*CHE9 + 140*CUS9 + 1120*CEC9 + 1400*CED9 + 0*PJR9 + 33.6*NUI9
+4233.6*CE10 + 84*CHE10 + 140*CUS10 + 1120*CEC10 + 1400*CED10 + 0*PJR10 + 33.6*NUI10
+3830.4*CE11 + 84*CHE11 + 140*CUS11 + 1120*CEC11 + 1400*CED11 + 0*PJR11 + 33.6*NUI11
+4233.6*CE12 + 84*CHE12 + 140*CUS12 + 1120*CEC12 + 1400*CED12 + 0*PJR12 + 33.6*NUI12;

!1 Variable bounds PJRi;
80 *CE1 + 0 *CHE1 + 0 *CUS1 + 0 *CEC1 + 0 *CED1 -1 *PJR1 + 0 *NUI1 = 0;
80 *CE2 + 0 *CHE2 + 0 *CUS2 + 0 *CEC2 + 0 *CED2 -1 *PJR1 + 0 *NUI2 = 0;
84 *CE3 + 0 *CHE3 + 0 *CUS3 + 0 *CEC3 + 0 *CED3 -1 *PJR3 + 0 *NUI3 = 0;
80 *CE4 + 0 *CHE4 + 0 *CUS4 + 0 *CEC4 + 0 *CED4 -1 *PJR4 + 0 *NUI4 = 0;
76 *CE5 + 0 *CHE5 + 0 *CUS5 + 0 *CEC5 + 0 *CED5 -1 *PJR5 + 0 *NUI5 = 0;
76 *CE6 + 0 *CHE6 + 0 *CUS6 + 0 *CEC6 + 0 *CED6 -1 *PJR6 + 0 *NUI6 = 0;
84 *CE7 + 0 *CHE7 + 0 *CUS7 + 0 *CEC7 + 0 *CED7 -1 *PJR7 + 0 *NUI7 = 0;
76 *CE8 + 0 *CHE8 + 0 *CUS8 + 0 *CEC8 + 0 *CED8 -1 *PJR8 + 0 *NUI8 = 0;
88 *CE9 + 0 *CHE9 + 0 *CUS9 + 0 *CEC9 + 0 *CED9 -1 *PJR9 + 0 *NUI9 = 0;
84 *CE10 + 0 *CHE10 + 0 *CUS10 + 0 *CEC10 + 0 *CED10 -1 *PJR10 + 0 *NUI10 = 0;
76 *CE11 + 0 *CHE11 + 0 *CUS11 + 0 *CEC11 + 0 *CED11 -1 *PJR11 + 0 *NUI11 = 0;
84 *CE12 + 0 *CHE12 + 0 *CUS12 + 0 *CEC12 + 0 *CED12 -1 *PJR12 + 0 *NUI12 = 0;

!2 Variable bounds CME;
0 *CE1 + 0 *CHE1 + 0 *CUS1 + 1 *CEC1 -1 *CED1 + 0 *PJR1 + 0 *NUI1 <= 25;
1 *CE2 + 0 *CHE2 + 0 *CUS2 + 1 *CEC2 -1 *CED2 + 0 *PJR1 + 0 *NUI2 <= 50;

```

Encontrándose en *LP Solve* una alternativa con mucha mayor capacidad que permite manejar 10,000 variables y 50,000 restricciones, sin costo alguno. Se logró el vínculo logrando también la resolución del modelo con variables enteras, observando una muy buena velocidad de cálculo.

```

1 /* Objective function */
2 min: 4032 CE1 + 84 CHE1 + 140 CUS1 + 1120 CEC1 + 1400 CED1 + 0 PJR1 + 33.6 NUI1 + 4032 CE2 + 84 CHE2 + 140
3
4 /* 1 Variable bounds PJRi*/
5 80 CE1 + 0 CHE1 + 0 CUS1 + 0 CEC1 + 0 CED1 -1 PJR1 + 0 NUI1 = 0;
6 80 CE2 + 0 CHE2 + 0 CUS2 + 0 CEC2 + 0 CED2 -1 PJR1 + 0 NUI2 = 0;
7 84 CE3 + 0 CHE3 + 0 CUS3 + 0 CEC3 + 0 CED3 -1 PJR3 + 0 NUI3 = 0;
8 80 CE4 + 0 CHE4 + 0 CUS4 + 0 CEC4 + 0 CED4 -1 PJR4 + 0 NUI4 = 0;
9 76 CE5 + 0 CHE5 + 0 CUS5 + 0 CEC5 + 0 CED5 -1 PJR5 + 0 NUI5 = 0;
10 76 CE6 + 0 CHE6 + 0 CUS6 + 0 CEC6 + 0 CED6 -1 PJR6 + 0 NUI6 = 0;
11 84 CE7 + 0 CHE7 + 0 CUS7 + 0 CEC7 + 0 CED7 -1 PJR7 + 0 NUI7 = 0;
12 76 CE8 + 0 CHE8 + 0 CUS8 + 0 CEC8 + 0 CED8 -1 PJR8 + 0 NUI8 = 0;
13 88 CE9 + 0 CHE9 + 0 CUS9 + 0 CEC9 + 0 CED9 -1 PJR9 + 0 NUI9 = 0;
14 84 CE10 + 0 CHE10 + 0 CUS10 + 0 CEC10 + 0 CED10 -1 PJR10 + 0 NUI10 = 0;
15 76 CE11 + 0 CHE11 + 0 CUS11 + 0 CEC11 + 0 CED11 -1 PJR11 + 0 NUI11 = 0;
16 84 CE12 + 0 CHE12 + 0 CUS12 + 0 CEC12 + 0 CED12 -1 PJR12 + 0 NUI12 = 0;
17 /* 2 Variable bounds CME*/
18 0 CE1 + 0 CHE1 + 0 CUS1 + 1 CEC1 -1 CED1 + 0 PJR1 + 0 NUI1 <= 25;
19 1 CE2 + 0 CHE2 + 0 CUS2 + 1 CEC2 -1 CED2 + 0 PJR1 + 0 NUI2 <= 50;
20 1 CE3 + 0 CHE3 + 0 CUS3 + 1 CEC3 -1 CED3 + 0 PJR3 + 0 NUI3 <= 50;
21 1 CE4 + 0 CHE4 + 0 CUS4 + 1 CEC4 -1 CED4 + 0 PJR4 + 0 NUI4 <= 50;
22 1 CE5 + 0 CHE5 + 0 CUS5 + 1 CEC5 -1 CED5 + 0 PJR5 + 0 NUI5 <= 50;
23 1 CE6 + 0 CHE6 + 0 CUS6 + 1 CEC6 -1 CED6 + 0 PJR6 + 0 NUI6 <= 50;
24 1 CE7 + 0 CHE7 + 0 CUS7 + 1 CEC7 -1 CED7 + 0 PJR7 + 0 NUI7 <= 50;
25 1 CE8 + 0 CHE8 + 0 CUS8 + 1 CEC8 -1 CED8 + 0 PJR8 + 0 NUI8 <= 50;
26 1 CE9 + 0 CHE9 + 0 CUS9 + 1 CEC9 -1 CED9 + 0 PJR9 + 0 NUI9 <= 50;
27 1 CE10 + 0 CHE10 + 0 CUS10 + 1 CEC10 -1 CED10 + 0 PJR10 + 0 NUI10 <= 0;
28 1 CE11 + 0 CHE11 + 0 CUS11 + 1 CEC11 -1 CED11 + 0 PJR11 + 0 NUI11 <= 0;
29 1 CE12 + 0 CHE12 + 0 CUS12 + 1 CEC12 -1 CED12 + 0 PJR12 + 0 NUI12 <= 0;
30 /* 3 Variable bounds CEi*/
31 1 CE1 + 0 CHE1 + 0 CUS1 -1 CEC1 + 1 CED1 + 0 PJR1 + 0 NUI1 - 25 = 0;
32 1 CE2 + 0 CHE2 + 0 CUS2 -1 CEC2 + 1 CED2 + 0 PJR1 + 0 NUI2 - CE1 = 0;
33 1 CE3 + 0 CHE3 + 0 CUS3 -1 CEC3 + 1 CED3 + 0 PJR3 + 0 NUI3 - CE2 = 0;
34 1 CE4 + 0 CHE4 + 0 CUS4 -1 CEC4 + 1 CED4 + 0 PJR4 + 0 NUI4 - CE3 = 0;
35 1 CE5 + 0 CHE5 + 0 CUS5 -1 CEC5 + 1 CED5 + 0 PJR5 + 0 NUI5 - CE4 = 0;
36 1 CE6 + 0 CHE6 + 0 CUS6 -1 CEC6 + 1 CED6 + 0 PJR6 + 0 NUI6 - CE5 = 0;
37 1 CE7 + 0 CHE7 + 0 CUS7 -1 CEC7 + 1 CED7 + 0 PJR7 + 0 NUI7 - CE6 = 0;
38 1 CE8 + 0 CHE8 + 0 CUS8 -1 CEC8 + 1 CED8 + 0 PJR8 + 0 NUI8 - CE7 = 0;
39 1 CE9 + 0 CHE9 + 0 CUS9 -1 CEC9 + 1 CED9 + 0 PJR9 + 0 NUI9 - CE8 = 0;
40 1 CE10 + 0 CHE10 + 0 CUS10 -1 CEC10 + 1 CED10 + 0 PJR10 + 0 NUI10 - CE9 = 0;
41 1 CE11 + 0 CHE11 + 0 CUS11 -1 CEC11 + 1 CED11 + 0 PJR11 + 0 NUI11 - CE10 = 0;
42 1 CE12 + 0 CHE12 + 0 CUS12 -1 CEC12 + 1 CED12 + 0 PJR12 + 0 NUI12 - CE11 = 0;
43 /* 4 Variable bounds Di*/
44 0 CE1 + 1 CHE1 + 1 CUS1 + 0 CEC1 + 0 CED1 + 1 PJR1 + 0 NUI1 >= 2000;
45 0 CE2 + 1 CHE2 + 1 CUS2 + 0 CEC2 + 0 CED2 + 1 PJR1 + 1 NUI1 >= 3200;
46 0 CE3 + 1 CHE3 + 1 CUS3 + 0 CEC3 + 0 CED3 + 1 PJR3 + 1 NUI2 >= 3800;
47 0 CE4 + 1 CHE4 + 1 CUS4 + 0 CEC4 + 0 CED4 + 1 PJR4 + 1 NUI3 >= 2300;
48 0 CE5 + 1 CHE5 + 1 CUS5 + 0 CEC5 + 0 CED5 + 1 PJR5 + 1 NUI4 >= 1800;
49 0 CE6 + 1 CHE6 + 1 CUS6 + 0 CEC6 + 0 CED6 + 1 PJR6 + 1 NUI5 >= 2500;
50 0 CE7 + 1 CHE7 + 1 CUS7 + 0 CEC7 + 0 CED7 + 1 PJR7 + 1 NUI6 >= 4000;
51 0 CE8 + 1 CHE8 + 1 CUS8 + 0 CEC8 + 0 CED8 + 1 PJR8 + 1 NUI7 >= 3200;
52 0 CE9 + 1 CHE9 + 1 CUS9 + 0 CEC9 + 0 CED9 + 1 PJR9 + 1 NUI8 >= 3800;
53 0 CE10 + 1 CHE10 + 1 CUS10 + 0 CEC10 + 0 CED10 + 1 PJR10 + 1 NUI9 = 2600;
54 0 CE11 + 1 CHE11 + 1 CUS11 + 0 CEC11 + 0 CED11 + 1 PJR11 + 1 NUI10 = 2100;
55 0 CE12 + 1 CHE12 + 1 CUS12 + 0 CEC12 + 0 CED12 + 1 PJR12 + 1 NUI11 = 1800;
56 /* 5 Variable bounds NUIi*/
57 0 CE1 + 1 CHE1 + 1 CUS1 + 0 CEC1 + 0 CED1 + 1 PJR1 -1 NUI1 + 0 NUI = 2000;
58 0 CE2 + 1 CHE2 + 1 CUS2 + 0 CEC2 + 0 CED2 + 1 PJR1 -1 NUI2 + 1 NUI1 = 3200;
59 0 CE3 + 1 CHE3 + 1 CUS3 + 0 CEC3 + 0 CED3 + 1 PJR3 -1 NUI3 + 1 NUI2 = 3800;
60 0 CE4 + 1 CHE4 + 1 CUS4 + 0 CEC4 + 0 CED4 + 1 PJR4 -1 NUI4 + 1 NUI3 = 2300;
61 0 CE5 + 1 CHE5 + 1 CUS5 + 0 CEC5 + 0 CED5 + 1 PJR5 -1 NUI5 + 1 NUI4 = 1800;

```

Log Messages

```

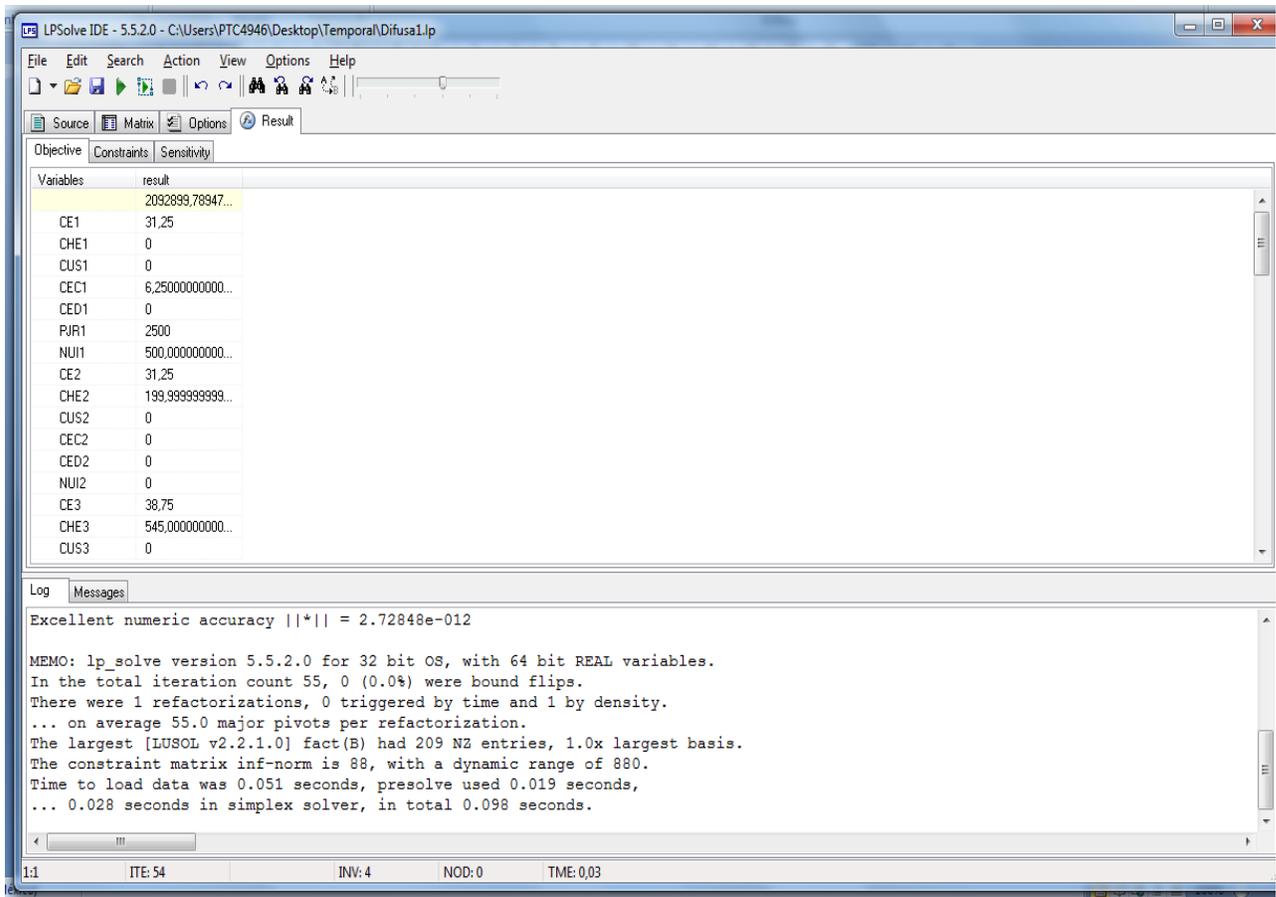
Using DUAL simplex for phase 1 and PRIMAL simplex for phase 2.
The primal and dual simplex pricing strategy set to 'Devex'.

Relaxed solution      2092899.78947 after      56 iter is B&B base.

Feasible solution    2096912 after      61 iter,          7 nodes (gap 0.2%)

Optimal solution     2096912 after     128 iter,         84 nodes (gap 0.2%).

```



Como ejemplo se visualiza parcialmente el resultado , ya que se continuó con la búsqueda de la mejor forma de resolver el problema para contar con una metodología que permitiera adecuarse a la situación particular de cada organización, para este efecto se buscó un vínculo entre *LP Solve* y *Excel* con la finalidad de facilitar la construcción de las matrices de variables ya que este último permite un ambiente más amigable y a través del llamado a la función de la biblioteca de enlace dinámico *lpslink 57.dll* utilizar *LP Solve* como herramienta de cálculo para la solución del programa lineal.

Este enlace dinámico se obtuvo con la información del artículo "*Calling the lp_solve Linear Program Software from R, S-PLUS and Excel*" Buttrey (2005), en el cual el autor presenta la forma de enlazar Solver de Excel con LP Solve, a través de la re-compilación dentro de una librería dinámica vinculada (DLL, Dynamic Linked Library), usando un compilador de software libre. Este DLL trabaja junto con una interfase escrita en lenguaje Visual Basic para aplicaciones en Excel y que permite hacer "llamadas" a la aplicación de LP Solve, a través de una interfase de programación aplicada (API, Application Programming Interfase).

Ejecución de Enlace *Excel-LPsolve*.

En las siguientes figuras se muestra la estructura de la matriz de datos, los cálculos realizados y los resultados obtenidos con el enlace *Excel-LPsolve*.

Se puede apreciar la construcción en Excel se realiza en columnas y filas y en *LP solve* en editor de texto

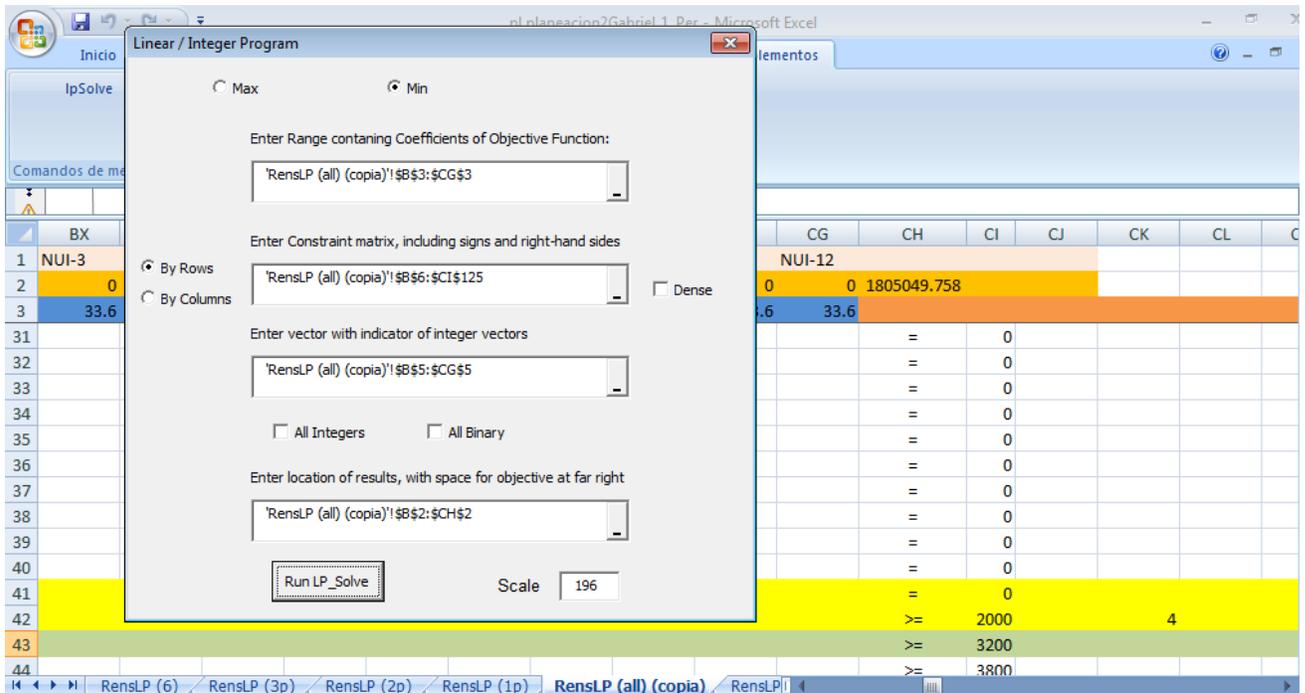
Fila 1. Variables de decisión

Fila 2. Valores objetivo de las variables de decisión (resultado óptimo)

Fila 3. Coeficientes de las variables de decisión

	CE-1	CE-2	CE-3	CE-4	CE-5	CE-6	CE-7	CE-8	CE-9	CE-10	CE-11	CE-12	CHE-1	CHE-2	CHI
2	29	39	39	29	24	34	42	42	41	31	28	21	0	0	
3	4032	4032	4233.6	4032	3830.4	3830.4	4233.6	3830.4	4435.2	4233.6	3830.4	4233.6	84	84	
31		-1	1												
32			-1	1											
33				-1	1										
34					-1	1									
35						-1	1								
36							-1	1							
37								-1	1						
38															
39															
40															
41													1		
42	4													1	
43															1

En la siguiente figura se muestra el proceso de "llamado" para la función dinámica *LP Solve* desde *Excel*, la cual permite obtener la solución del programa lineal, considerando valores enteros para las variables de decisión, cabe recordar que Excel no tiene capacidad para solucionar dicho problema con valores enteros.



Resultados:

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el artículo, comparados con los obtenidos por los autores de la esta investigación.

Resultados obtenidos en el artículo

Manejo de empleado			
Periodo	Cantidad de empleados	Número de empleados contratados	Número de empleados despedidos
1	28	3	0
2	38	9	0
3	38	0	0
4	28	0	10
5	21	0	6
6	31	10	0
7	41	14	0
8	40	0	1
9	39	0	1
10	29	0	10
11	26	0	3
12	20	0	6

Producción

periodo	Producción en jornada regular	Producción en jornada extraordinaria	Cantidades Subcontratadas	Producción Total
1	2250			2250
2	3003			3003
3	3153	315	161	3629
4	2203			2203
5	1623			1623
6	2384			2384
7	3474	347		3821
8	3039			3039
9	3449	199		3648
10	2452			2452
11	1954			1954
12	1665			1665

Comparación resultante entre los cálculos efectuados en el artículo y los realizados en el presente documento.

Manejo de empleado

Period	Cantidad de empleados		Número de empleados contratados		Número de empleados despedidos	
	Artículo	Excel-LPSolve	Artículo	Excel-LPSolve	Artículo	Excel-LPSolve
0						
1	28	29	3	4	0	0
2	38	39	9	10	0	0
3	38	39	0	0	0	0
4	28	29	0	0	10	10
5	21	24	0	0	6	5
6	31	34	10	10	0	0
7	41	42	14	8	0	0
8	40	42	0	0	1	0
9	39	41	0	0	1	1
10	29	31	0	0	10	10
11	26	28	0	0	3	3
12	20	21	0	0	6	7

Producción

periodo	Producción en jornada regular		Producción en jornada extraordinaria		Cantidades Subcontratadas		Producción Total	
	Artículo	Excel-LPSolve	Artículo	Excel-LPSolve	Artículo	Excel-LPSolve	Artículo	Excel-LPSolve
1	2250	2320	0	0	0	0	2250	2320
2	3003	3120	0	0	0	0	3003	3120
3	3153	3276	315	284	161	0	3629	3560
4	2203	2320	0	0	0	0	2203	2320
5	1623	1824	0	0	0	0	1623	1824
6	2384	2584	0	0	0	0	2384	2584
7	3474	3528	347	344	0	0	3821	3872
8	3039	3192	0	8	0	0	3039	3200
9	3449	3608	199	192	0	0	3648	3800
10	2452	2604	0	0	0	0	2452	2604
11	1954	2128	0	0	0	0	1954	2128
12	1665	1764	0	4	0	0	1665	1768

Conclusiones:

De la comparación de los resultados obtenidos y los del artículo, se infiere que es necesario analizar las diferencias. Hasta ahora existe la duda razonable de que el artículo presente algunas inconsistencias en sus resultados, sin embargo, ha servido de referente básico para el desarrollo de nuevas formas de cálculo a través de la solución en programación lineal, que desarrolla este documento.

El presente muestra el avance a la fecha de esta investigación falta por recorrer un largo trecho, pues una vez resueltas las diferencias, se encaminara al objetivo inicial que es la aplicación de políticas financieras-operativas, esperando lograr una planeación conjunta en la empresa que reditúe en mayores ahorros y utilidades. Esto con el fin de promover su aplicabilidad en empresas de la región adecuando el modelo lineal a las características particulares de la empresa y no viceversa

Bibliografía

- Almazán, G. (2012). Propuesta de Aprendizaje Autónomo Asistido por Computadora como Estrategia para el Rescate de una Lengua Políticamente Débil. Memorias del XIII Encuentro Nacional de Estudios en Lenguas, Tlax., México.
- Arango, M.D., Vergara, C., Gaviria, H. (2010). Modelización Difusa para la Planificación Agregada de la Producción en Ambientes de Incertidumbre. Dyna, vol. 77, núm. 162, pp. 397-409. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/496/49615023019.pdf>
- Buttrey, S.E. (2005). Calling the Ip_solve Linear Program Software from R, SPLUS and Excel. Journal of Statistical Software. Disponible en <http://www.jstatsoft.org/v14/i04>
- Casas, R., De Gortari, R.(2001). La Formación de redes de conocimiento: una perspectiva regional desde México. Anthropos Editorial, UNAM.
- Davis, S. y Albright, T. (2004), An investigation of the effect of Balanced Scorecard implementation on financial performance, Management Accounting Research, Vol. 15, No. 2, pp. 135-153, disponible en [\[www.elsevier.com/locate/mar\]](http://www.elsevier.com/locate/mar)
- De Waal, A., Kourtit, K. y Nijkamp, P. (2009), The relationship between the level of completeness of a strategic performance management system and the perceived advantages and disadvantages, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 29 No. 12, pp. 1242-1265. © Emerald Group Publishing Limited, 0144-3577, DOI 10.1108/01443570911005983, disponible en [\[http://www.emerald-library.com/0144-3577.htm\]](http://www.emerald-library.com/0144-3577.htm)
- Kald, M. y Nilsson, F. (2000), Performance measurement at Nordic companies, European Management Journal, Vol. 14 No. 1, pp. 113-127, disponible en [\[www.elsevier.com/locate/mar\]](http://www.elsevier.com/locate/mar).
- Molina Ruiz, H. D. (2012), Evaluación de la medición del desempeño en una PyME textil, Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ingeniería de Sistemas.
- Najmi, M., Rigas, J. y Fan, I. (2005), A framework to review performance measurement systems, Business Process Management Journal, Vol. 11, No. 2, pp. 109-122, disponible en [\[dspace.lib.cranfield.ac.uk\]](http://dspace.lib.cranfield.ac.uk)
- Protopappa-Sieke M., Seifert R.W. (2010). Interrelating operational and financial performance measurements in inventory control. European Journal of Operational Research, 204 (3), pp. 439-448. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037722170900825X#>