



15 y 16 de Octubre / Boca del Río

Universidad Veracruzana

Congreso de Investigación de AcademiaJournals.com

VOLUMEN II

Ingeniería Industrial

Copatrocinado Por



Universidad Veracruzana



Instalaciones de la USBI
Universidad Veracruzana
Boca del Río, Veracruz, México

"Compartiendo el Conocimiento de mi Disciplina al Mundo"

ISSN 1946-5351 (online)
ISSN 1948-2353 (CD-ROM)

Sobre la Distribución del Coeficiente de Variación

Dr. Mario Leoncio Arrijoa Rodríguez¹, Dr. Carlos Díaz Ramos² y Dr. Luis Antonio Pérez González³

Resumen— Al aplicar la estadística a procesos industriales, las métricas basadas en el cálculo de distancias, son ampliamente utilizadas para caracterizar su variabilidad. Así se utiliza la desviación estándar como medida clásica de la variación de un proceso; procesos altamente variables tienen una desviación estándar mayor, que aquellos cuya variación es pequeña. Sin embargo, en muchos casos, esta medida absoluta de variación tiene poco interés para tomar decisiones, siendo mejor medir la variación relativa, es aquí que cobra importancia el coeficiente de variación. Existen normas internacionales que aluden al coeficiente de variación de los procesos, como un estándar a cumplir como requisitos mínimos de un producto de calidad; pero en dichas normas no se especifica nada acerca de la distribución estadística del coeficiente de variación. En este trabajo se presenta la determinación detallada de la distribución del coeficiente de variación sus usos y aplicaciones a través de simulación en Excel.

Palabras claves—Coeficiente de Variación, Distribución, Variabilidad, Simulación.

I. INTRODUCCIÓN

El establecimiento de modelos probabilísticos ha permitido establecer bases sobre las cuales se pueden tomar decisiones bajo incertidumbre, pues facilitan la determinación de su comportamiento y su cuantificación. En la medida que estos modelos sean más precisos en explicar el comportamiento de una variable aleatoria, tendrán mayor utilidad práctica. El coeficiente de variación tiene como principal propiedad el ser una medida de variabilidad adimensional (Díaz 2005), que facilita la comparación de situaciones en las cuales las unidades de medida son diferentes; por otro lado, dado que su valor depende de la relación entre la media y desviación estándar, se convierte en una característica muy atractiva para la medición de la confiabilidad de un gran número de procesos, sobretodo de naturaleza química, convirtiéndose así en un referente estándar que se incluye en muchas normas internacionales. Sin embargo, no existe mucha información fácilmente asequible sobre la obtención de la distribución exacta de este estadístico y menos aun, de su probabilidad en donde se aplica. Se han utilizado algunas aproximaciones; Verril (2003) demostró que el enfoque aproximado para el coeficiente de variación no funciona tan bien como el enfoque exacto particularmente en el caso de coeficientes de variación grandes y tamaños de muestra pequeños.

En este trabajo se describe el proceso de obtención de la distribución muestral del coeficiente de variación, asimismo, el uso de la simulación para demostrar sus características más importantes y finalmente un proceso de cálculo alternativo que elude la necesidad de recurrir a métodos matemáticos complejos.

II. DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN

El desarrollo de esta distribución se basó en dos de los últimos enfoques que se encontraron en la revisión bibliográfica, El de Harald Cramer (1946) y Radhakrishna Rao (1965).

¹ Dr. Mario L. Arrijoa Rdz es Profesor de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México. mlarrijoa@gmail.com (autor corresponsal)

² Dr. Carlos Díaz Ramos es Profesor de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba y de la Universidad Veracruzana, en Orizaba, Veracruz, México, kdiiaz@prodigy.net.mx

³ Dr. Luis Antonio Pérez González, Rector de la Universidad Politécnica del Valle de Toluca, Toluca Estado de México y Director del IPAC, lperez@ipac.com.mx

Enfoque de Cramer

Si $Y \sim N(\mu, \sigma^2)$ y $X/\sigma^2 \sim \chi_n^2$ ambas distribuidas independientemente entonces, se puede demostrar que:

$$t = \frac{Y}{\sqrt{\frac{X}{n}}} \tag{1}$$

se distribuye como una t de Student no-centrada con un parámetro de no centralidad $\delta = \mu/\sigma$. A partir de esto, se llega a encontrar que $\eta = \bar{X}/S$ se distribuye como:

$$f(\eta) = \frac{\left(\frac{n-1}{n}\right)^{\frac{n-1}{2}} e^{-\frac{1}{2}\delta^2}}{\sqrt{\pi}\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)\left(\eta^2 + \frac{n-1}{n}\right)^{\frac{n}{2}}} \sum_{j=0}^{\infty} \Gamma\left(\frac{n+j}{2}\right) \frac{\delta^j}{j!} \left(\frac{2\eta^2}{\eta^2 + \frac{n-1}{n}}\right)^{\frac{j}{2}}; -\infty < \eta < \infty \tag{2}$$

Con lo cual se puede demostrar que la distribución del coeficiente de variación muestral es:

No.	C.V.	Ec. (Cramer)	Ec. (Radhakrishna)
1	-1.0	4.4838E-45	4.4838E-45
2	-0.9	5.0932E-04	5.0932E-04
3	-0.8	2.1679E-05	2.1679E-05
4	-0.7	1.7069E-09	1.7069E-09
5	-0.6	6.7655E-15	6.7655E-15
6	-0.5	1.5854E-20	1.5854E-20
7	-0.4	1.4319E-25	1.4319E-25
8	-0.3	1.9780E-32	1.9780E-32
9	-0.2	1.2939E-37	1.2939E-37

$$f_{COV}(COV) = \frac{\sqrt{n}(n-1)^{\frac{n-1}{2}} e^{-\frac{1}{2}\delta^2} COV^{n-2}}{\sqrt{\pi}\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)[(n-1)COV^2+n]^{\frac{n}{2}}} \sum_{j=0}^{\infty} \Gamma\left(\frac{n+j}{2}\right) \frac{\delta^j}{j!} \left(\frac{2n}{(n-1)COV^2+n}\right)^{\frac{j}{2}}; -\infty < COV < \infty \quad (3)$$

Enfoque de Rao

Rao demuestra que la distribución t no-centrada se puede escribir de manera diferente, a partir de los mismos supuestos, bajo estas circunstancias esta función de densidad se escribe como

$$f_T(t) = \frac{k^{\frac{k}{2}}}{\sqrt{\pi}\Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} \frac{e^{-\frac{\delta^2}{2}}}{(k+t^2)^{\frac{k+1}{2}}} \sum_{j=0}^{\infty} \Gamma\left(\frac{k+j+1}{2}\right) \left(\frac{\delta^j}{j!}\right) \left(\frac{2t^2}{k+t^2}\right)^{\frac{j}{2}}; -\infty < t < \infty \quad (4)$$

Donde $\delta = \frac{\mu}{\sigma}$ es el parámetro de no centralidad y k los grados de libertad.

Por esto, si X_1, X_2, \dots, X_n son elementos de una muestra aleatoria de una población con distribución $N(\mu, \sigma^2)$, entonces la función de densidad de probabilidad de la inversa del coeficiente de variación $W = \bar{X}/S$, es

$$f_W(w) = \frac{\left(\frac{n-1}{n}\right)^{\frac{n-1}{2}} e^{-\frac{1}{2}\delta^2}}{\sqrt{\pi}\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)\left(w^2+\frac{n-1}{n}\right)^{\frac{n}{2}}} \sum_{j=0}^{\infty} \Gamma\left(\frac{n+j}{2}\right) \frac{\delta^j}{j!} \left(\frac{2w^2}{w^2+\frac{n-1}{n}}\right)^{\frac{j}{2}}; -\infty < w < \infty \quad (5)$$

Lo que conduce finalmente a que la distribución muestral del coeficiente de variación es:

$$f_{COV}(COV) = \frac{\sqrt{n}(n-1)^{\frac{n-1}{2}}}{\sqrt{\pi}\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)[(n-1)COV^2+n]^{\frac{n}{2}}} \sum_{j=0}^{\infty} \Gamma\left(\frac{n+j}{2}\right) \frac{\delta^j}{j!} \left(\frac{2n}{(n-1)COV^2+n}\right)^{\frac{j}{2}}; -\infty < COV < \infty \quad (6)$$

Las ecuaciones (3) y (6), aunque con algunas diferencias, representan a la misma distribución, según se demuestra en la siguiente sección mediante el uso de simulación.

III. CARACTERÍSTICAS DE LA DISTRIBUCIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) POR SIMULACIÓN

Para comparar las dos ecuaciones establecidas anteriormente se desarrollo una aplicación en la hoja de cálculo que permite modificar los valores de los parámetros de estas distribuciones. En la Tabla No. 1 se muestran los resultados los primeros 20 valores de las funciones, para una población definida con media 10 y desviación estándar 2, que da un valor del parámetro de no centralidad de 15.81. Se utilizó un tamaño de muestra de 10 y dos decimales. Para el cálculo se uso una sumatoria de 170 elementos, ya que es el valor máximo que puede obtenerse del factorial en Excel, se puede observar que los valores obtenidos con ambas ecuaciones son iguales. Sin embargo al modificarse el número de sumatorias, se encontró que los resultados, aunque iguales para ambas

Tabla No. 1 Cálculo de las ecuaciones de f(cv)

Fig. No.1 Gráficas de las funciones de densidad del coeficiente de variación para valores negativos y positivos del CV

ecuaciones, perdían exactitud para valores del CV menores a 1.3, lo que limita la posibilidad de utilizar la hoja de cálculo con la suficiente exactitud.

Por otro lado, reconociendo que es posible que la media puede ser negativa y que teóricamente el CV puede tomar valores de $-\infty$ a ∞ , se procedió a graficar ambas ecuaciones, como se observa en la figura No. 1 la distribución es simétrica en $x=0$. Esto justifica que, en la práctica, dado que lo que importa es la magnitud del CV, puede usarse su valor absoluto pues su comportamiento

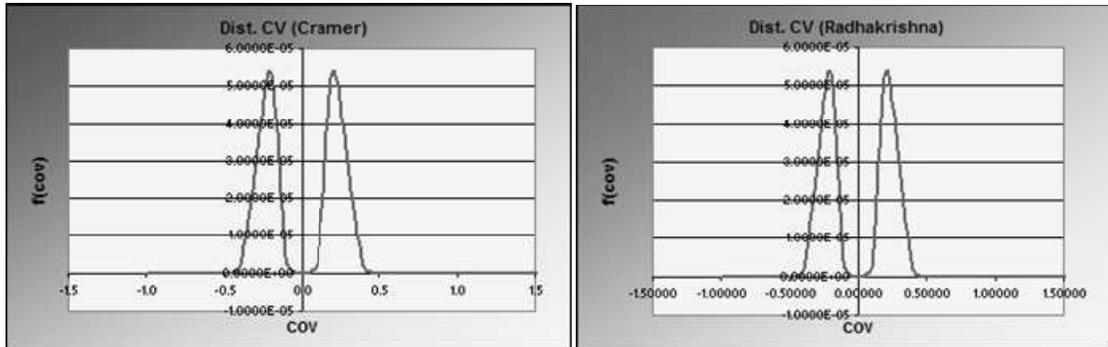


Fig. No. 2 Gráficas de la ecuación de Cramer para valores negativos y positivos del CV con n impar

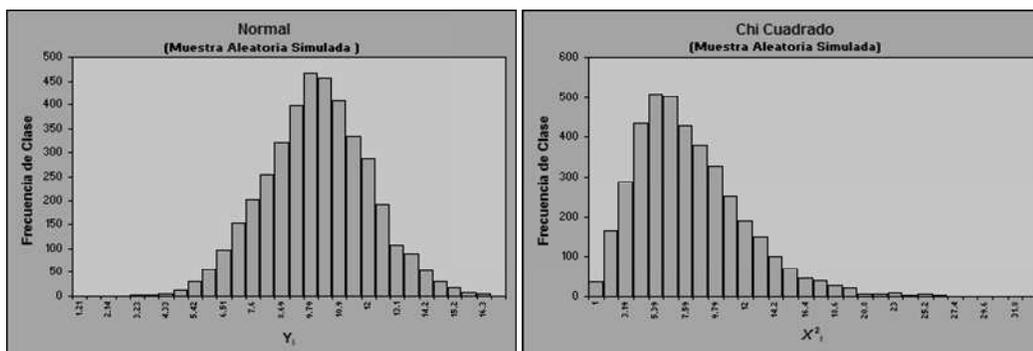
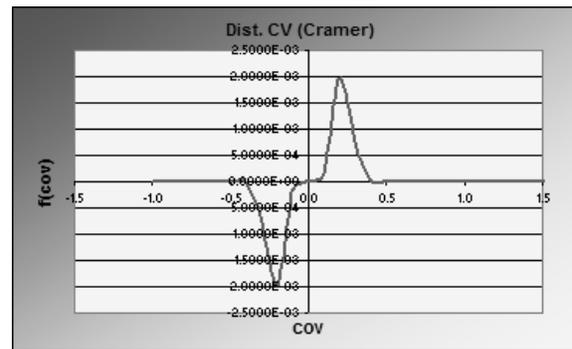


Fig. No. 3 Gráficas de las Distribución de Y y χ^2_n

probabilístico es equivalente.

Cabe hacer notar que cuando el tamaño de muestra es impar, en la ecuación de Cramer, la función sigue siendo simétrica pero la gráfica se gira 180° , lo cual puede apreciarse en la Figura No. 2. Esto, como ya se

dijo, no limita el poderla usar si se utiliza el valor absoluto del CV.

Para demostrar a través de simulación la obtención de la distribución de probabilidad del coeficiente de variación se desarrolló una aplicación que permite generar muestras aleatorias de una población normal a la que se le pueden establecer los valores de sus parámetros μ y σ . Así como simular una variable aleatoria que se distribuye como una **chi-cuadrada** con n grados de libertad. La aplicación permite establecer tanto el valor de n como el número de muestras que serán simuladas m . En las Figuras No. 3 y 4, pueden apreciarse las gráficas generadas mediante simulación utilizando $Y \sim N(\mu=10, \sigma=2)$, una $n=8$ y $m=1,500$.

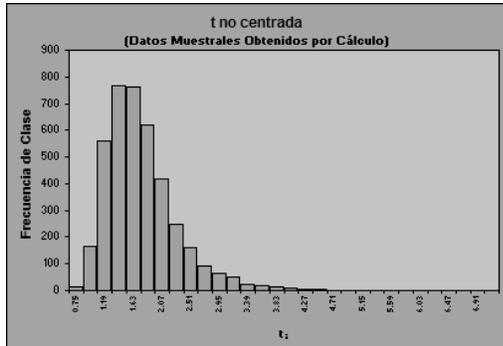


Figura 5. Gráfica de la Distribución t no centrada obtenida a partir de Y y X

En la Figura No. 5 se observa la distribución t No Centrada obtenida a partir de las distribuciones anteriores. Las características que se observan en dicha gráfica coinciden plenamente con lo establecido de manera matemática en el apartado II, confirmándose a través de esta simulación que la distribución del CV es una distribución t no centrada.

IV. CÁLCULO DE LA t NO CENTRADA

La manera más fácil de poder calcular con exactitud los valores de probabilidad de la distribución t no centrada es el Lenguaje R, el cual se utilizó para validar la simulación realizada. Se denota por tnc_1 la t no centrada obtenida mediante el enfoque de Cramer y por tnc_2 a la obtenida mediante el enfoque de Rao, siendo sus ecuaciones:

$$tnc_1 = \frac{Y}{\sqrt{\frac{\chi_n^2 \sigma^2}{n}}}$$

A partir de las cuales obtuvieron las frecuencias relativas de las muestras simuladas, las cuales se muestran en la tabla No. 2, donde se aprecia que ambas ecuaciones dan resultados de probabilidad iguales.

No.	aleatorio	x	y	tnc ₁	w	tnc ₂
		normal ₁	chi		normal ₂	
1	0.676967	74.5923486	0.61480044	16.4773673	7.45923486	16.4773673
2	0.679829	74.6722091	10.9389061	3.91050351	7.46722091	3.91050351
3	0.150707	59.6659447	1.89056831	7.51607251	5.96659447	7.51607251
4	0.939261	85.4859712	0.2951656	27.2535204	8.54859712	27.2535204
5	0.731622	76.1772672	1.08240323	12.6821088	7.61772672	12.6821088
6	0.646941	73.7707445	5.76553319	5.32138959	7.37707445	5.32138959
7	0.918503	83.9507302	6.22472368	5.82807412	8.39507302	5.82807412
8	0.786073	77.9286792	0.41581612	20.931834	7.79286792	20.931834

Tabla No. 2 Cálculo de tnc_1 y tnc_2 a partir de los mismos valores aleatorios

La Tabla No. 3 compara las probabilidades de la simulación con las obtenidas a través del Lenguaje R.

Valor Establecido	Prob. Teórica	Prob. Simulada	Error de estimación	Simulaciones				
				1	2	3	4	5
1	1.40E-08	0	1.4E-08	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	6.21E-05	0	6.21E-05	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0050	0.0038	0.0012	0.0040	0.0010	0.0060	0.0040	0.0040
4	0.0445	0.0444	0.0001	0.0510	0.0550	0.0340	0.0420	0.0400
5	0.1402	0.1432	-0.0030	0.1380	0.1380	0.1530	0.1350	0.1520
6	0.2694	0.2648	0.0046	0.2510	0.2760	0.2840	0.2650	0.2480
7	0.4003	0.4020	-0.0017	0.3960	0.4050	0.3960	0.4200	0.3930
8	0.5155	0.5076	0.0079	0.5150	0.4890	0.4850	0.5490	0.5000
9	0.6102	0.6154	-0.0052	0.6150	0.6130	0.6080	0.6300	0.6110
10	0.6856	0.6762	0.0094	0.6850	0.6690	0.6810	0.6590	0.6870
11	0.7449	0.7596	-0.0147	0.7650	0.7520	0.7590	0.7700	0.7520
12	0.7914	0.7948	-0.0034	0.8040	0.8010	0.7850	0.7900	0.7940
13	0.8280	0.8296	-0.0016	0.8300	0.8320	0.8220	0.8500	0.8140
14	0.8569	0.8626	-0.0057	0.8540	0.8690	0.8790	0.8560	0.8550
15	0.8800	0.8824	-0.0024	0.8790	0.8730	0.8870	0.8910	0.8820
16	0.8986	0.8866	0.0120	0.8890	0.8910	0.8770	0.8900	0.8860
17	0.9136	0.9004	0.0132	0.9050	0.8960	0.9080	0.8970	0.8960
18	0.9259	0.9284	-0.0025	0.9280	0.9240	0.9270	0.9250	0.9380
19	0.9360	0.9400	-0.0040	0.9500	0.9420	0.9430	0.9350	0.9300
20	0.9444	0.9486	-0.0042	0.9380	0.9620	0.9460	0.9490	0.9480

Tabla No. 3 Comparativo de las probabilidades calculadas mediante R y mediante simulación

A partir de la Tabla No. 3 se obtiene que el error promedio de la estimación es cero, siendo el error máximo positivo de 0.0132 y el máximo negativo de 0.0147. Esto permite establecer que la obtención de probabilidades de la t no centrada puede hacerse, dependiendo del nivel de exactitud requerido, directamente de las ecuaciones, a través de la simulación o utilizando el lenguaje R.

V. COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

Siguiendo los enfoques de Cramer y de Radhakrishna se demostró matemáticamente que la distribución de probabilidad del Coeficiente de Variación es una **t no centrada**. Se desarrollaron aplicaciones de simulación utilizando Excel, que permitieron analizar el comportamiento de de la distribución del coeficiente de variación en base a lo cual se propone para calcular sus probabilidades, además de las alternativas del uso de las ecuaciones como las de Cramer o Rao, y el cálculos mediante el Lenguaje R, la posibilidad de obtenerla fácilmente a través de simulación en una hoja de cálculo.

Conclusiones

El conocer la distribución exacta del coeficiente de variación permite comprenderlo mejor y utilizarlo más adecuadamente para medir el desempeño de un proceso permitiendo justificar los valores que se usen de él en términos de su probabilidad.

Lo que se obtuvo como resultado de este trabajo demuestran la gran capacidad de aplicaciones como una hoja de cálculo para implementar simulaciones que pudiesen considerarse demasiado complejas para este tipo de software y que este permite ser una alternativa para el cálculo de la **t no centrada**.

Recomendaciones

El uso del coeficiente de variación, debido a sus propiedades, debería ser ampliado en áreas como el control estadístico del proceso tal como lo plantea Arrijoa (2008), para permitir identificar oportunidades de mejora donde los métodos tradicionales ya no permitan detectarlas, así como establecer en las normas la justificación probabilística de los valores que se manejan en ellas de este estadístico.

VI. REFERENCIAS

Arrijoa Mario, Desarrollo de Técnicas Estadísticas de Análisis para el Control Estadístico de Proceso. Uso del Coeficiente de Variación., Tesis Doctoral, Instituto Tecnológico de Orizaba, 2008

Cramér, Harald . Mathematical Methods of Statistics. Princeton University Press. 1946

Díaz Carlos, Desarrollo de Técnicas de Análisis Multivariado para el Control Estadístico del Proceso: Uso de Valores Estandarizados, Tesis Doctoral, Instituto Tecnológico de Orizaba, 2005

Rao, C. Radhakrishna . Linear Statistical Inference and Its Applications. John Wiley and Sons, Inc. 1965

Verril, Steve . *Confidence Bounds for Normal and Lognormal Distribution Coefficients of Variation*, Research Paper 609, USDA Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin, 2003

Mario Leoncio Arrijoa Rodríguez, estudió Ingeniería Industrial Mecánica en el I.T. de Orizaba. Posteriormente hizo estudios de Maestría en Planificación Industrial en el I.T. de Oaxaca, Maestría en Educación en la Univ. Abierta de San Luis Potosí, Doctorado en Ciencias en Ingeniería Industrial en el I.T. de Orizaba. Actualmente es profesor de tiempo completo de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba y Coordinador del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Industrial. Con una experiencia docente de 30 años.

Carlos Díaz Ramos, egresó de la carrera de Ingeniería Industrial en Electricidad del I.T. de Morelia. Posteriormente hizo estudios de Maestría en Ciencias con especialidad en Investigación de Operaciones en el ITESM campus Monterrey, Doctorado en Ciencias en Ingeniería Industrial en el I.T. de Orizaba. Actualmente es profesor de tiempo completo en el I.T. de Orizaba, profesor de la División de Estudios Posgrado, presidente del Claustro Doctoral y presidente de la Academia de Ingeniería Industrial. Asimismo se desempeña como profesor de la Universidad Veracruzana en la Facultad de Ciencias Química, en Orizaba, Ver. Con una experiencia docente de 36 años.

Luis Antonio Pérez González, obtuvo el título de Ingeniero Industrial Mecánico en el Instituto Tecnológico Regional de la Laguna, (1974). Y su grado de Doctor (Ph. D.) en Matemáticas Aplicadas con Especialidad en Modelos Matemáticos para Informática en el periodo 1975-1979, graduándose en la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Bucarest, Rumania, con la tesis: Análisis Estadístico Matemático de la Calidad y la Confiabilidad en el caso Multivariado. , actualmente es el Rector de la Universidad Politécnica del Valle de Toluca, en el Estado de México y Director General del Instituto para la Calidad A.C.

Metodología para la Gestión del Conocimiento en la Administración Pública Federal

Bernardo Calva Irigoyen¹, Dra. María Eloísa Gurruchaga Rodríguez², Dr. Hilarión Muñoz Contreras³ y Dr. Luis Carlos Flores Ávila⁴

Resumen—El presente artículo describe una Metodología para la Gestión del Conocimiento en la Administración Pública Federal, desarrollada en la “Subdirección de Ingeniería y Desarrollo de Obras Estratégicas” de Petróleos Mexicanos. Dicha organización tiene como objetivo proporcionar a Petróleos Mexicanos la infraestructura necesaria, moderna y confiable para la explotación de los hidrocarburos de México.

Ésta organización determinó necesario acelerar la evolución del conocimiento de su organización, para lo cual consideró implementar un Sistema de Gestión de Conocimiento. Sin embargo, para la implementación de dicho Sistema, nos encontramos que los modelos de gestión de conocimiento, solo establecen pasos genéricos a seguir para lograrlo, sin especificar como implementar la gestión del conocimiento, por lo que para su desarrollo y aplicación en Petróleos Mexicanos, se desarrolló una Metodología para la Gestión del Conocimiento en la Administración Pública Federal.

Palabras claves— Metodología, Sistema, Gestión, Conocimiento.

I. INTRODUCCIÓN

Según Peluffo A. y Catalán Contreras (2002), técnicamente, la Gestión del Conocimiento es una disciplina que tiene como objetivo generar, compartir y utilizar el conocimiento tácito (know-how) y explícito (formal) existente en un determinado espacio (región, ciudad, organización, entorno), para dar respuestas a las necesidades de los individuos y de las comunidades en su desarrollo.

Sin embargo, se considera necesario establecer que es el conocimiento para distinguirlo de los datos y de la información, para lo que tomaremos de referencia lo siguiente:

De acuerdo a Canals Agustí (2003), el conocimiento, es un recurso que no tan sólo nos permite interpretar nuestro entorno, sino que nos da la posibilidad de actuar. Es un recurso que se halla en las personas y en los objetos –físicos o no- que estas personas utilizan, pero también en las organizaciones a las que pertenecen, en los procesos y en los contextos de dichas organizaciones.

De lo anterior, podemos determinar que la Gestión del Conocimiento consiste en optimizar la utilización del conocimiento mediante la creación de las condiciones necesarias para que dicho conocimiento se transmita mejor, lo cual requiere en primera instancia precisar que el conocimiento difiere de la información, y poder establecer una estrategia de gestión del conocimiento apropiada. Lo que gestionamos en realidad no es el conocimiento en sí mismo, sino las condiciones y el entorno. (Canals Agustí, 2003).

Dado que se requiere gestionar las condiciones y el entorno para que se pueda dar la Gestión de Conocimiento, se deben de tomar de referencia los modelos de gestión de conocimiento, basados en las experiencias de los sujetos que conforman las organizaciones.

¹ Bernardo Calva Irigoyen es estudiante del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz bcalvai@pep.pemex.com (autor corresponsal)

² La Dra. María Eloísa Gurruchaga Rodríguez es Profesora del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz mgurruchaga@itorizaba.edu.mx

³ El Dr. Hilarión Muñoz Contreras es Profesor del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz hmunoz@itorizaba.edu.mx

⁴ El Dr. Luis Carlos Flores Ávila es Profesor del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz lcflores@itorizaba.edu.mx

Sin embargo, para la aplicación de un Sistema de Gestión de Conocimiento, encontramos que los modelos de gestión de conocimiento sólo establecen pasos genéricos a seguir para llevar a cabo la Gestión de Conocimiento, sin precisar la forma de desarrollar y aplicar la gestión del conocimiento en la organización, por lo que para el desarrollo y aplicación de gestión del conocimiento en Petróleos Mexicanos, se desarrollo una Metodología para la Gestión del Conocimiento a través de las siguientes etapas: Determinación, Generación, Accesibilidad y Mantenimiento, la cual es aplicable a la Administración Pública Federal.

II. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

La Subdirección de Ingeniería y Desarrollo de Obras Estratégicas tiene por objetivo desarrollar la infraestructura necesaria para la operación de “Petróleos Mexicanos”, a través de inversiones de obras públicas. Esta organización, cuenta con diez áreas de trabajo y 819 trabajadores distribuidos en México, para la cual se requirió desarrollar y difundir lineamientos, mecanismos de control y métodos de trabajo, lo que implica acelerar la evolución del conocimiento de la organización, derivado en parte de que el 59% de su personal es temporal, lo que condiciona a que el conocimiento generado y el conocimiento requerido sean gestionados eficientemente.

Dado que no es factible gestionar el conocimiento (Canals Agustí, 2003), esto es, no es posible identificar a las personas que tengan los mejores conocimientos de la organización, e instruir que éstas personas transfieran sus conocimientos a otras, además de lo difícil de involucrar al personal para que aporte su conocimiento, se requiere de mecanismos que permitan activar la dimensión colectiva del conocimiento, de tal forma que se genere una red de relaciones adecuada para la generación y difusión del conocimiento por toda la organización.

Para atender lo anterior, se determino desarrollar y aplicar un sistema de gestión de conocimiento en materia de obra pública, que utilice como principal recurso al capital humano, el cual es fuente de ideas, conocimiento y creatividad.

Las técnicas y herramientas de Gestión del conocimiento están orientadas a generar, compartir y transmitir conocimiento de proyectos específicos, sin embargo, el sistema de Gestión del Conocimiento para la Subdirección de Ingeniería y Desarrollo de Obras Estratégicas, no es para un tipo de proyecto específico, sino para el Sistema de Ejecución de Obras públicas, por lo que se consideró conveniente el apoyo de una herramienta para definir el Sistema y Subsistemas de la Ejecución de Obras Públicas, que después de consultar la bibliografía referente a la gestión del conocimiento se determinó que la Metodología de Sistemas Suaves en Acción de Peter Checkland (1994) era conveniente para éste fin, con la que, además se puede expresar el problema existente e identificar los puntos específicos para la generación de conocimiento, considerándose esta etapa como Determinación del Conocimiento Requerido.

Para cada acción de mejora identificada, se requiere aplicar técnicas para gestionar el conocimiento requerido para la organización, y dado que su estructura organizacional se ubica en diferentes sitios de trabajo, en cada uno de las cuales se tiene personal experto de acuerdo a los tipos de obras y servicios que se prestan, y que por el volumen de trabajo es difícil reunir a todos los expertos para gestionar el conocimiento, se consideró conveniente definir una estrategia para optimizar la participación de la gente experta en el desarrollo del Sistema de Gestión de Conocimiento, que además sirviera para ganar la confianza de personal acostumbrada a la construcción de obras y motivar su participación e involucramiento para generar y compartir el conocimiento, determinando esta etapa como la Generación del Conocimiento Requerido.

A través de la etapa anterior, se busca obtener el conocimiento requerido en cada una de las acciones de mejora identificadas, sin embargo, se requiere capturar el conocimiento, de manera que el conocimiento tácito generado se convierta a explícito, de manera mas fácil de transmitir, haciendo énfasis en los temas claves de aprendizaje.

La solución fue crear una “sede del conocimiento” (Collison y Parcell 2003) colocada de manera que viviera con sus propietarios, en un lugar de acceso común de todos, tomando en consideración los diferentes sitios de trabajo de la Subdirección de Ingeniería y Desarrollo de Obras Estratégicas, para lo cual se tuvo que considerar que el sistema de comunicación oficial de la Subdirección de Ingeniería y Desarrollo de Obras Estratégicas, es el Sistema de Administración de Correspondencia a través de su Intranet, por lo que se considera conveniente el desarrollar un Portal de Conocimiento, el cual es un conjunto de contenidos personalizados al cual un miembro o una comunidad pueden tener acceso, acompañados de un conjunto de servicios que permiten encontrar todo lo que requiere en un solo lugar virtual por medio de una única puerta de entrada, con lo que se identifico la etapa de Accesibilidad al conocimiento generado.

Dado que la conocimiento, es algo que esta en constante evolución, además de que las organizaciones evolucionan con el tiempo, se requiere darle vida a la gestión del conocimiento, para que este no permanezca estático y evolucione conforme los requerimientos de la organización, con lo cual se considera conveniente, al menos manejar bases de datos generados, que con la aplicación de las metodologías de gestión del conocimiento se les pueda dar el trato de bases de conocimiento, identificándose la etapa de Mantenimiento al conocimiento generado.

Identificadas las etapas básicas para la gestión del conocimiento se procedió definir los elementos que se consideraron necesarios para el sistema de gestión del conocimiento, integrándose la Metodología para la gestión del conocimiento.

III. METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL

1.0.- Generalidades.

Se debe definir a las personas que serán responsables de la Gestión del Conocimiento en la organización, entre las cuales se debe designar a un moderador conocedor de la metodología y un grupo de especialistas heterogéneo de las diferentes especialidades de los sistemas que sean alcance para la gestión del conocimiento.

Una vez definidos los responsables para la Gestión del Conocimiento, se debe impartir un curso de inducción de Gestión de Conocimiento a fin de homologar los conceptos a utilizar en el desarrollo del proyecto de gestión de conocimiento.

1.0.1.- Objetivo.

Se debe establecer cual es el fin que se persigue con la realización del proyecto de gestión de conocimiento, a fin de saber lo que se quiere lograr, y en consecuencia poder definir de manera adecuada, en su caso, las estrategias para la consecución del fin buscado.

1.0.2.- Alcance y Campo de aplicación.

Se debe establecer cual es el alcance del proyecto de gestión de conocimiento, esto es, definir a que nivel se pretende desarrollar, como un diseño, desarrollo o implantación, así como su tipo de aplicación, esto es, indicativo u obligatorio.

Se debe establecer que áreas son las involucradas en el desarrollo y aplicación del proyecto de gestión de conocimiento. Así mismo, es necesario definir que procesos de la organización se verán involucrados en el proyecto de Gestión de Conocimiento.

1.0.3.- Definiciones.

A fin de contar con un vocabulario rector de los términos a usar en el proyecto de gestión de conocimiento, se debe establecer la definición de los términos que se consideren que pudieran requerir una explicación de su definición.

1.1.- Determinación del Conocimiento requerido.

Se debe establecer cual es el conocimiento que se requiere generar, con la finalidad de precisar las necesidades de la organización. Dado que los recursos de toda organización son finitos, debemos acotar

los sistemas en los cuales se gestionará el conocimiento, así como los puntos específicos para su generación. Así mismo, a fin de precisar la situación que motiva a efectuar el proyecto de gestión de conocimiento se debe determinar la problemática existente en la organización

A fin de poder evaluar los resultados a obtener con el sistema de Gestión de Conocimiento, se debe evaluar el nivel de conocimientos del personal de la organización para contar con resultados que nos orienten o ratifiquen las necesidades de conocimientos detectadas.

La determinación de los conocimientos requeridos, se puede lograr a través de la utilización de la Metodología de Sistemas Suaves descrita en el libro “Metodología de Sistemas Suaves en Acción” de Checkland, Peter y Scholes Jim, (1994), con la que, además se puede expresar el problema existente e identificar los puntos específicos para la generación de conocimiento.

Esta metodología consta de siete pasos cuyo paradigma fundamental es el aprendizaje. Los siete pasos parten del mundo real, pasan a una idealización de la realidad y regresa a compararla con la realidad observada.

1.2.- Generación del Conocimiento requerido.

De acuerdo a las características del conocimiento requerido y de la propia organización donde se va a generar el conocimiento, se debe investigar las técnicas y/o herramientas que se consideren aplicables, de las cuales se debe seleccionar y aplicar la que se considere más apropiada para ser aplicada o adaptable para los resultados que se buscan.

Entre otras, se presentan a continuación las siguientes (Collison y Parcell 2003):

- Aprender de los Compañeros: Alguien lo ha hecho antes.
- Aprender mientras se hace: El momento de reflexionar.
- Aprender después de hacer: Cuando todo ha terminado.
- Encontrar a las personas adecuadas.
- Mapa del conocimiento.
- Trabajo en red y Comunidades de práctica.
- Utilizar lo que hemos aprendido: Capturar el Conocimiento.

1.3.- Accesibilidad al Conocimiento generado.

De acuerdo a las características del conocimiento generado y del personal de la propia organización para el cual se va a dar acceso al conocimiento se debe determinar y aplicar la forma de dar accesibilidad al conocimiento. A este respecto, y conforme a la evolución de la tecnología de la información en la propia organización, se debe establecer la estrategia que se considere más apropiada para ser aplicada o adaptable para los resultados que se buscan.

Entre otras, se presentan a continuación las siguientes (Peluffo A. y Catalán Contreras, 2002):

Internet, Intranet, Extranet. La herramienta más utilizada para visualizar contenidos es Internet y sus derivados, Intranet y Extranet. Las diferencias básicas entre estos conceptos tienen que ver por una parte, con la distinción entre el concepto de público y privado (Internet es de acceso público, Intranet y Extranet de acceso restringido) y, por otra parte, respecto de la población objetivo. El contenido que se maneja en una Intranet y una Extranet tiende a satisfacer a un número restringido de usuarios con temas específicos, en tanto que en Internet el contenido y el número de usuarios son prácticamente ilimitados. Habitualmente estas herramientas son unidireccionales, y están orientadas a entregar contenidos específicos que son administrados por alguna unidad especializada.

Portales. Una alternativa más estructurada, pero con un mayor costo administrativo, la constituyen los Portales, que se definen como el conjunto de contenidos personalizados al cual un miembro o una comunidad pueden tener acceso, acompañados de un conjunto de servicios que permiten encontrar todo lo que requiere en un solo lugar virtual por medio de una única puerta de entrada. Los portales, se acercan más al tipo de herramienta de escritorio ya que están diseñados para entregar facilidades de

uso a cualquier miembro de la organización, en forma amistosa y gráficamente agradable, permitiendo a la vez interactuar con otros integrantes de la comunidad que tiene acceso al portal.

1.4.- Mantenimiento a la generación de Conocimiento.

Atendiendo al principio de continuidad de la evolución del conocimiento, y de acuerdo a las características del conocimiento generado, de la organización y del personal objetivo de la gestión de conocimiento, se deben establecer y aplicar medios necesarios para darle vida a dicho conocimiento, esto es, no dejar que se vuelva obsoleto, a través de al menos bases de datos, que al haberseles aplicado metodologías de gestión de conocimiento, se puedan utilizar como bases de conocimiento.

IV. COMENTARIOS FINALES

Con la documentación del conocimiento especializado del personal experimentado de las organizaciones, se logra la aceptación de éste como verdadero, y al difundirse a través de mecanismos convencionales (discos compactos, medios impresos) o portales de conocimiento, se puede lograr en las organizaciones la estandarización de sus procesos productivos.

La Metodología de Sistemas Suaves en Acción ayuda a precisar los alcances de un proyecto de aplicación de Gestión del Conocimiento, y a definir áreas de oportunidad para realizar cambios de mejoras deseables y viables sistemáticamente, optimizando los recursos a invertir en la aplicación de un sistema de gestión de conocimiento.

De las técnicas de gestión de conocimiento existentes, la de aprender de los compañeros consideramos que es la más recomendable para organizaciones con diferentes sitios de trabajo y mucho personal.

Es necesario convertir el conocimiento tácito a explícito para facilitar su difusión a través de los medios de comunicación de las organizaciones.

Con las herramientas y técnicas de Gestión del Conocimiento, además de documentar la experiencia del personal de las organizaciones, se pueden realizar mejoras en los procesos productivos.

V. REFERENCIAS

Canals, Agustí. 2003. Gestión del Conocimiento. Editorial Gestión 2000. Impreso en España. Primera Edición.

Checkland, Peter y Scholes Jim. 1994. La Metodología de los Sistemas Suaves de Acción. Versión autorizada en español de la obra: Soft Systems Methodology in Action publicada en inglés por John Wiley Sons Ltd. MCMXC. Editorial Limusa, S.A. de C.V.. D.F., México. Primera edición.

Collison, Chris y Parcell Geoff. 2003. La Gestión del Conocimiento. Lecciones Prácticas de una Empresa Líder. Ediciones Paidós Ibérica, S.A. Impreso en España. Primera Edición.

Peluffo A., Martha Beatriz y Catalán Contreras, Edith. 2002. Introducción a la Gestión del Conocimiento y su aplicación al sector público. Publicación de las Naciones Unidas. Impreso en Estados Unidos de América. Primera Edición.

Bernardo Calva Irigoyen es alumno del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba, actualmente se encuentra en proceso de revisión de su tesis doctoral para obtener el grado. Curso sus estudios de Maestría y Licenciatura en Ingeniería Industrial también en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Se desempeña como Coordinador de Procedimientos en la Subdirección de Ingeniería y Desarrollo de Obras Estratégicas de Pemex Exploración y Producción. También es Profesor en la Universidad Tecmilenio campus Villahermosa, en el programa de Maestría en Administración de Negocios con especialidad de Calidad y Productividad.

Diagnóstico y Evaluación en Metrología bajo la Matriz de Inteligencia Organizacional en empresas del sector automotriz

M.C Hugo Carrillo Rodríguez¹, Dr. Klaus North², Dr. Juan José Díaz Núñez³ y Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga⁴

Resumen—El presente artículo tiene como objetivo dar a conocer el diagnóstico y la evaluación en materia de metrología basado en la Matriz de Inteligencia Organizacional, el estudio inicia con la adaptación de la matriz de inteligencia organizacional desarrollada por Klaus North a conceptos metrológicos, la matriz evalúa cinco capacidades (de respuesta, resolver problemas, aprender, memoria organizacional e inteligencia emocional) con respecto a cinco ámbitos (mercados/competidores, clientes, servicios, procesos y empleados), la intersección de cada capacidad con cada ámbito se evalúa por medio de cinco preguntas las cuales se evalúan y se obtiene una calificación final que nos permite determinar cuáles son las capacidades y los ámbitos que son fortalezas y cuales son debilidades en las organizaciones evaluadas en materia de metrología.

Palabras claves— Matriz de Inteligencia Organizacional, Metrología.

I. INTRODUCCIÓN

Bierly III, Kessler y Christensen (2000) mencionan que la inteligencia organizacional es la utilización del conocimiento para resolver los problemas prácticos de las empresas. Matsuda (1992) considera que la inteligencia de las empresas es igual a la capacidad de resolución de los problemas de la empresa, aprovechando de una forma optima los recursos. Según Matsuda (1992), la inteligencia organizacional puede ser vista como un proceso (que sirve para el análisis de las decisiones y de los procesos de decisión organizacional). Este autor aun considera que la inteligencia organizacional está compuesta por varios procesos: percepción, almacenamiento, aprendizaje comunicación y decisión. Para Oberschulte (1996) la inteligencia organizativa es la capacidad de afrontar nuevas exigencias o nuevos cometidos. North y Pöschl (2003) definen inteligencia organizacional como la capacidad de resolución de problemas y la capacidad de realizar nuevas tareas, dependiendo de la eficacia y rapidez con que los diferentes componentes de estos procesos operan y como aquellos se identifican relacionados entre sí funcionalmente.

II. MATRIZ DE INTELIGENCIA

North y Poschl (2003) consideran, que una empresa inteligente tiene obligatoriamente que tener conocimientos de los mercados y competidores, de los clientes, de los procesos, de los productos y de los empleados, para poner sus conocimientos en acción. Mencionan los autores la concepción de la inteligencia organizativa como potencial para influir en la efectividad o eficacia de la organización. North y Poschl (2003) consideran que la inteligencia organizativa está presente en las siguientes características:

¹ Estudiante de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz; México. Profesor en el Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Celaya, Guanajuato; México. E-mail autor: carrillo@itc.mx (autor corresponsal).

² Profesor de Gestión Empresarial Internacional, Wiesbaden Business School, Germany, K.North@bwl.fh-wiesbaden.de

³ Profesor Investigador, Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, Av. Tecnológico No.1320, Cd. Juárez, Chihuahua; México. CP 32500, jjdiaz@yagerdiaz.org

⁴ Profesor Investigador, Departamento de Ingeniería Industrial Instituto Tecnológico de Orizaba Av. Oriente 9 No. 852 Col.Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz; México. CP 94320 megurruchaga@hotmail.com

1. Reconocer las evoluciones del entorno y reaccionar ante las mismas con una alta eficacia y rapidez.
2. Capacidad de aprendizaje, que permita afrontar los problemas con una mayor eficacia.
3. Interconexión para el desarrollo de soluciones de mayor calidad (innovaciones)
4. Capacidad de memoria, a fin de efectuar comparaciones entre el pasado y la actualidad
5. Inteligencia emocional, capacidad que se tiene para administrar las reacciones emocionales.

	A	B	C	D	E
	Capacidad de respuesta	Capacidad de resolver problemas	Capacidad de aprender / Creatividad / Innovación	Memoria	Inteligencia emocional
1 Mercados/ Competidores					
2 Clientes					
3 Servicios					
4 Procesos					
5 Empleados					

Figura 1. Elementos de la Matriz de Inteligencia Organizacional.

Los elementos básicos de la Matriz de Inteligencia Organizacional son las capacidades y los ámbitos, Capacidades: A) Capacidad de respuesta, B) Capacidad de resolver problemas, C) Aprendizaje-Creatividad-Innovación, D) Memoria Organizacional, E) Inteligencia Emocional, así como los Ámbitos: 1 Mercados/Competidores, 2 Clientes, 3 Productos, 4 Procesos, 5 Empleados, ver Figura 1.

Análisis y evaluación de la matriz de Inteligencia Organizacional

El análisis de la matriz de inteligencia organizacional se realiza mediante cuatro enfoques:

- Análisis y evaluación casilla: Evalúa un aspecto específico (Ejemplo: Capacidad de resolver problemas con el ámbito Empleados)
- Análisis y evaluación eje horizontal: Evalúa un ámbito específico con las capacidades de interacción (Ejemplo: ámbito servicio con las cinco capacidades)
- Análisis y evaluación ejes vertical: Evaluación de una capacidad concreta con los ámbitos de interacción (Ejemplo: capacidad de aprender/innovación con los cinco ámbitos)
- Análisis y evaluación a nivel global: Evalúa las cinco capacidad con los ámbitos correspondientes de manera sistémica, ver Figura 2:

	A	B	C	D	E
	Capacidad de respuesta	Capacidad de resolver problemas	Capacidad de aprender / Creatividad / Innovación	Memoria	Inteligencia emocional
1 Mercados/ Competidores					
2 Clientes					
3 Servicios			¿?		¿?
4 Procesos					
5 Empleados		¿?			

Figura 2. Análisis y evaluación de la Matriz de Inteligencia Organizacional.

	A	B	C	D	E
	Capacidad de respuesta	Capacidad de resolver problemas	Capacidad de aprender / Creatividad / Innovación	Memoria	Inteligencia emocional
1 Mercados/ Competidores	¿Con qué rapidez y amplitud reacciona ante los servicios metrológicos de la competencia?		¿Con qué rapidez y amplitud aprende de sus competidores sobre procesos metrológicos?		¿Qué calidad tienen sus actividades metrológicas ante los competidores del sector?
2 Clientes	¿Responde a las preguntas sobre los requisitos metrológicos de sus clientes de forma rápida y completa?	¿Identifica los problemas metrológicos de sus clientes y los soluciona de forma rápida y competente?	¿Con qué rapidez y amplitud aprende de sus clientes sobre procesos metrológicos?	¿Puede comprobar rápida y sistemáticamente los servicios metrológicos prestados?	¿Las relaciones con los clientes son de manera franca y abierta?
3 Servicios		¿Identifica los problemas en sus servicios metrológicos a tiempo y encuentra soluciones rápida y ampliamente?	¿Son sus servicios metrológicos eficaces?	¿Puede identificar el desarrollo y evolución de sus procesos metrológicos?	
4 Procesos	¿Puede ofrecer información suficiente sobre el estado actual de los procesos metrológicos?	¿Identifica a tiempo los problemas en los procesos metrológicos de forma rápida y completa?	¿Introduce regularmente mejoras en sus procesos metrológicos?	¿Están accesibles y documentadas las mejores soluciones para los procesos metrológicos?	
5 Empleados	¿Responde de forma directa y sincera la dirección de la empresa a las preguntas metrológicas de sus empleados?	¿Detecta problemas personales de sus empleados y contribuye a solucionarlos?	¿La empresa promueve el aprendizaje en aspectos metrológicos necesarios para desempeño del personal?	¿Se transmiten el conocimiento de actividades metrológicas de una generación de empleados a otra?	¿Existe una fuerte identidad entre los valores compartidos por los empleados y la dirección de la empresa?

Figura 3. Adaptación de la matriz a conceptos metrológicos.

Adaptación de la Matriz Organizacional a Metrología

Una vez que se conocen los elementos de la matriz de Inteligencia Organizacional (cinco capacidades y cinco ámbitos) y sus cuatro enfoques de análisis (análisis casilla, eje horizontal, eje vertical y a nivel global), se llevó a cabo adaptación de la Matriz de Inteligencia Organizacional a conceptos metroológicos con el fin de analizar cómo se lleva a cabo la gestión de la metrología dentro de las organizaciones diagnosticadas y a su vez analizar cómo fueron evaluadas de acuerdo a los parámetros de la matriz de Inteligencia organizacional propuesta por Klaus North ver figura 3.

III. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN

Selección de empresas a diagnosticar

El diagnóstico y la evaluación se realizó en doce empresas (tres pequeñas, tres medianas y tres grandes empresas) todas dentro del sector automotriz en el estado de Guanajuato; México. La cual se tuvo el acceso a las organizaciones para realizar el diagnóstico para poder evaluar las cinco capacidades y los cinco ámbitos correspondientes y obtener una visión general de los resultados con el fin de proponer acciones de mejora en las capacidades y/o ámbitos evaluados.

Diagnóstico basado en la matriz

El diagnóstico se llevo a cabo mediante el desarrollo de un software que permite generar una base de datos, el cual al ingresar los datos generales, muestra la pantalla principal de diagnóstico donde muestra las cinco capacidades y los cinco ámbitos, solo hay que acceder en la intersección de la capacidad y el ámbito que se desea diagnosticar, ver Figura 4.

Evaluación de la matriz

La evaluación se realiza mediante la intersección entre una capacidad y un ámbito la cual se generan cinco preguntas que se contestan mediante una escala de 1 a 5 donde el valor de 1 significa insuficiente, mucho peor que la media del sector, 2 suficiente, pero peor que la media del sector, 3 satisfactorio en comparación con los competidores del sector, 4 bien mejor que la media del sector, y el valor de 5 excelente, el mejor del sector, ver Figura 5.

Resultados del Diagnóstico y Evaluación de la matriz

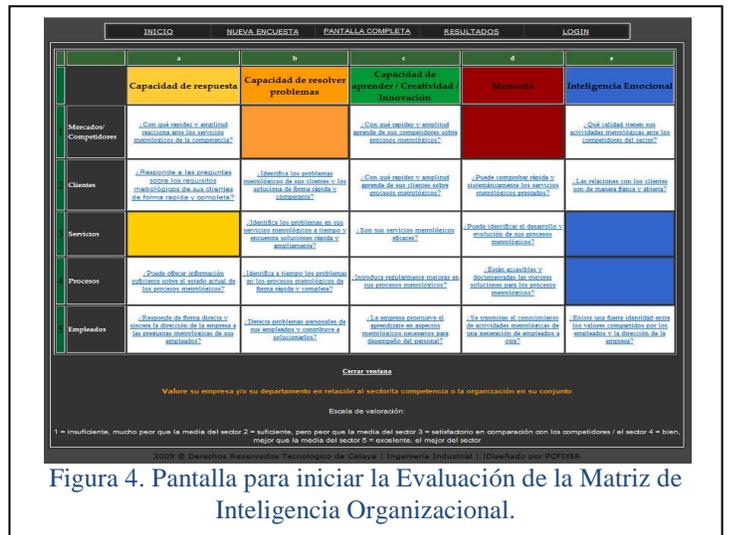


Figura 4. Pantalla para iniciar la Evaluación de la Matriz de Inteligencia Organizacional.

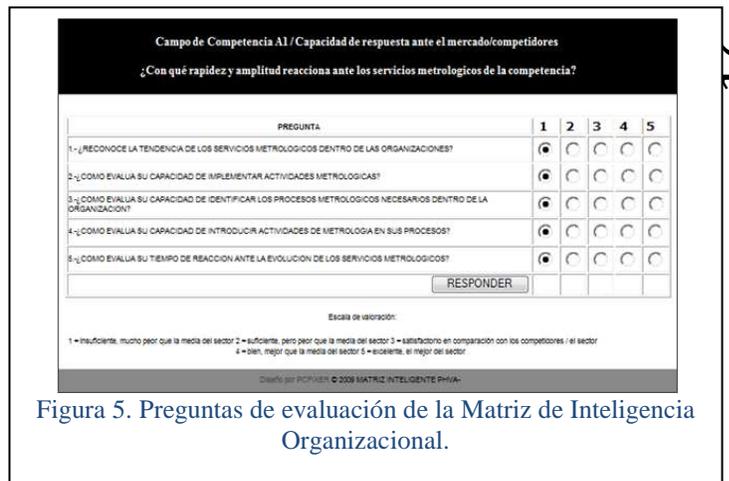


Figura 5. Preguntas de evaluación de la Matriz de Inteligencia Organizacional.

Los resultados que se obtienen por medio del software al realizar el diagnóstico y la evaluación de la matriz de inteligencia organizacional, por una parte presenta las matrices de promedios y porcentajes para cada una de las capacidades evaluadas con un ámbito correspondiente, ver Figura 6.

Por otro lado genera graficas de radar para capacidades y para ámbitos, ver Figura 7.

Los resultados que se generaron en esta prueba piloto de doce empresas del sector automotriz en el estado de Guanajuato; México son los siguientes:

- Las capacidades con fortaleza dentro de las organizaciones evaluadas son: La capacidad de aprender, crear, innovar, con un promedio de 2.9, la capacidad de memoria organizacional con 3.1 y la capacidad de inteligencia organizacional ya que en promedio tiene una calificación de 3.2
- Las capacidades con debilidades dentro de las organizaciones evaluadas son: La capacidad de respuesta con un promedio de 1.85, la capacidad de resolver problemas con 2.05.
- Los ámbitos con fortalezas dentro de las organizaciones evaluadas son: Servicio con un promedio de 2.7, los Clientes con un promedio de 2.56.
- Los ámbitos con debilidades dentro de las organizaciones evaluadas son: Mercados/competidores con un promedio de 2.3, Empleados con 2.3, así como Procesos con 2.2.

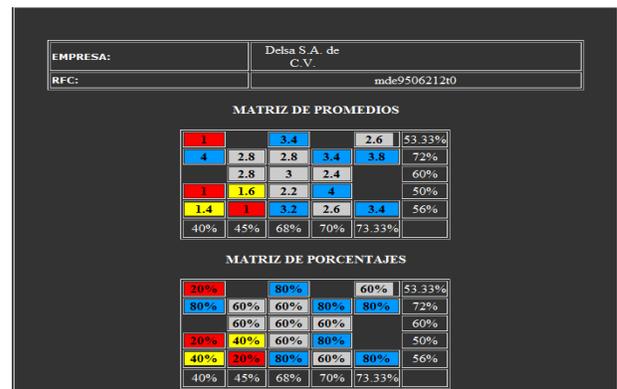


Figura 6. Resultados de la evaluación de las casillas (capacidades vs ámbitos)

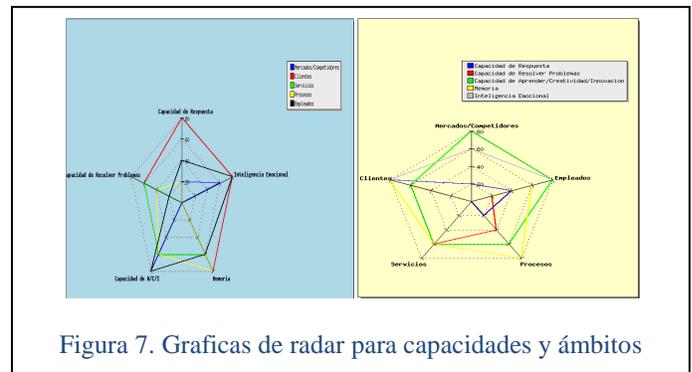


Figura 7. Graficas de radar para capacidades y ámbitos

IV. COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

En este trabajo de investigación se realizó una prueba piloto sobre la gestión en materia de metrología bajo la matriz de inteligencia organizacional en el sector automotriz en el estado de Guanajuato; México. Los resultados de la investigación incluye el análisis de las capacidades y los ámbitos desarrollados en la matriz sin embargo es necesario realizar el diagnóstico y evaluación a mas organizaciones para realizar un análisis más detallado del mismo.

Conclusiones

Los resultados demuestran la necesidad de llevar a cabo un análisis más completo de las organizaciones evaluadas, es necesario estratificarlas por pequeñas, medianas y grandes empresas ya que las brechas de gestión metrologica dentro de cada una de ellas es muy grande y muy variada de acuerdo a los requisitos que les solicita sus respectivos clientes por lo que se pretende realizar un análisis por tamaño de la organización y no solo un análisis en su conjunto.

Recomendaciones

Los investigadores mencionan que es necesario analizar, desarrollar y proponer niveles de madurez sobre la gestión de la metrología en las organizaciones en este caso del sector automotriz en el estado de Guanajuato; México, que permita evaluar cada una de las capacidades con sus respectivos ámbitos de la matriz para poder desarrollar aquellas capacidades y ámbitos que permitirían realizar una gestión eficiente y efectiva.

V. REFERENCIAS

Bierly III, Paul E, Kessler, Eric H. y Christensen, Edward W (2000) Organizational learning, knowledge and wisdom, Journal of Organizational Change Management, vol. 13 , No 6, pp. 595-618.

North, Klaus y Poschl, Alexander (2003), Un test de inteligencia para las organizaciones, Dirección de conocimiento: Desarrollo teórico y aplicaciones, editado por Ricardo Hernández Mogollón, ediciones La Coria, Trujillo, pp. 183-192

Matsuda, Takehiko (1992) Organizational Intelligence: It'ssignificance as a process and as a product, Proceedings of CEMIT/CECOIA3 (The Japan Society for Management Information), pp.219-222.

Sveiby, Karl Erik (1997); The new organitazional wealth: managing and measuring knowledge based assets, 1ª Edición, Berrett- Koehler Publishers, Inc, San Francisco.

Distribución de Planta bajo el Diagrama Adimensional de bloques bajo escenarios de simulación

M.C Hugo Carrillo Rodríguez¹, Dr. Juan José Díaz Núñez², Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga³, Ing. Isidro López⁴

Resumen— El presente artículo tiene la finalidad de dar a conocer las deficiencias en el proceso de producción de mantenimiento de placas intercambiadoras de calor en la deficiente distribución de planta, lo cual genera un deficiente manejo de materiales, lo que ocasiona desplazamientos tardíos e innecesarios. El estudio se realizó primero obteniendo la distribución actual y se desarrolló el modelo de simulación con el software Promodel®, después se llevó a cabo el análisis y desarrollo de dos métodos: El diagrama de análisis de afinidades y el diagrama Adimensional de bloques para posteriormente desarrollar el modelo de simulación con los resultados arrojados con estos métodos y analizar los resultados de la propuesta de la distribución de planta.

Palabras claves— Distribución de planta, Diagrama de análisis de afinidad, Diagrama a dimensional de bloques, Simulación.

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de una distribución de planta es desarrollar un sistema de producción que permita la manufactura del número deseado de productos, con la calidad deseada, al menor costo. La distribución física es un elemento importante del sistema de producción que comprende instrucciones de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, determinación de rutas y despacho. Todos estos elementos deben integrarse con cuidado para satisfacer el objetivo establecido, Niebel (2004).

Un enfoque sistémico para la distribución de planta desarrollado por Muther (1973) se denomina planeación sistémica de la distribución (PSD). La meta de la PSD es localizar dos áreas con alta frecuencia de interrelaciones lógicas cercanas una de la otra, usando un procedimiento de seis pasos:

1. Relación en la grafica: En el primer paso se establecen las relaciones entre las diferentes áreas y se grafican en una forma especial bajo el Diagrama de relaciones.
2. Requerimiento de espacio: Se establecen los requerimientos de espacio en pies o metros cuadrados, estos valores se pueden calcular con base en los requerimientos de producción extrapolados.
3. Diagrama de relaciones de actividades: Se dibuja una representación visual de las distintas actividades de acuerdo a los códigos para la distribución de la relación de actividades.
4. Distribución según la relación de espacio: Se crea la representación del espacio y se dibujan las áreas a escala en términos de su tamaño relativo.
5. Evaluación de arreglos alternativos: Se evalúan las diferentes distribuciones propuestas para determinar la mejor solución.

¹ Estudiante de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Profesor en el Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Celaya, Guanajuato: México. Email autor: carrillo@itc.mx (autor corresponsal).

² Profesor Investigador, Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, Av. Tecnológico No.1320, Cd. Juárez, Chihuahua; México. CP 32500, jjdiaz@yagerdiaz.org

³ Profesor Investigador, Departamento de Ingeniería Industrial Instituto Tecnológico de Orizaba Av. Oriente 9 No. 852 Col. Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz; México. CP 94320 megurruchaga@hotmail.com

⁴ Estudiante de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Celaya, ecologiajr@hotmail.com

6. Distribución seleccionada e instalación: Es el paso final para implementar el nuevo método de distribución de planta.

II. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Hodson (1996) menciona los tipos de distribución de planta:

Distribución por posición fija

Se trata de una distribución en la que el material o el componente principal permanecen fijos en un lugar, es

decir, no se mueve, todas las herramientas, la maquinaria, los trabajadores y demás piezas de material o el componente principal permanece fijo en un lugar.

Distribución por proceso o distribución por función

Este tipo de distribución agrupan todas las operaciones del mismo proceso o tipo de proceso. (Ejemplo: toda la

soldadura se localiza en una zona, todos los taladros en otra, toda la costura esta en el cuarto de costura y toda la pintura en el taller correspondiente).

Distribución por producto

En este, un producto o tipo de producto se fabrica en una zona. No obstante, a diferencia de la posición fija, el

material se traslada, esta distribución coloca una operación en un lugar inmediato adyacente a la siguiente, lo que significa que el equipo que se utilice para fabricar el producto, independientemente del proceso que realice, estará acomodado de acuerdo con la secuencia de las operaciones.

III. DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE LA DIAGRAMA ADIMENSIONAL DE BLOQUES

Desarrollo de layout de la empresa

Lo primero que se realizó en la investigación fue analizar el tipo de distribución de planta que se tenía en ese momento para lo cual se desarrollo el layout identificando cada una de la áreas productivas, áreas administrativas y áreas de servicios de apoyo, con sus dimensiones delimitadas dentro del espacio disponible en la empresa, ya que en el desarrollo del diagrama adimensional de bloques es importante que se encuentren definidas las relaciones entre los distintos departamentos ver Figura 1.

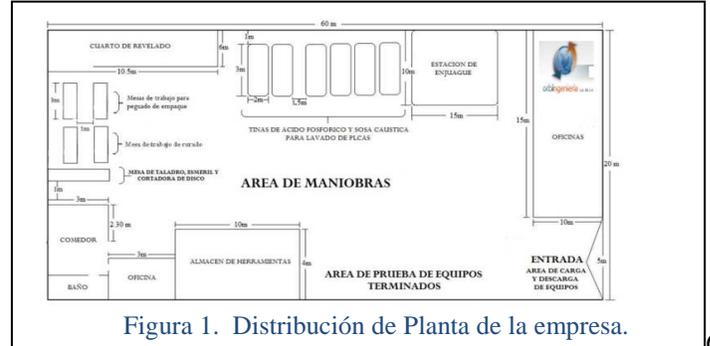


Figura 1. Distribución de Planta de la empresa.

Desarrollo del modelo de simulación con Software Promodel

Una vez desarrollado el layout de la empresa se procedió a recopilar información y datos como tiempos ciclos en cada estación de trabajo, capacidades de máquina, tiempo de transporte, longitudes de banda, velocidades de banda, modelos de piezas que se procesan, etc; para desarrollar el modelo de simulación con el software Promodel (García, 2006) y obtener indicadores sobre el comportamiento del sistema ver Figura 2.

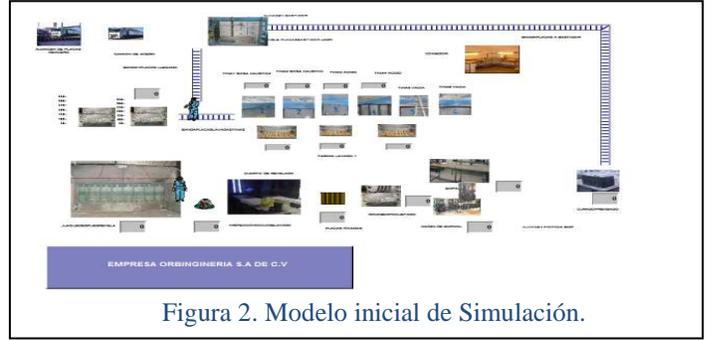


Figura 2. Modelo inicial de Simulación.

Diagrama de la relación de actividades

El diagrama de la relación de actividades, al que también se le da el nombre de diagrama de análisis de afinidades, muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicio, con cualquier otro departamento y área. Ya que es necesario responder a la siguiente pregunta ¿Qué tan importante es para este departamento, oficina o instalaciones de servicio? Para ello se usan códigos de cercanía para reflejar la importancia de cada relación ver Figura 3. Una vez identificado la relaciones de cercanía entre las distintas áreas se realiza el Diagrama de relación de Actividades ver Figura 4.

Código	Definición
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

Figura 3. Códigos para el Análisis del Diagrama de relación de Actividades

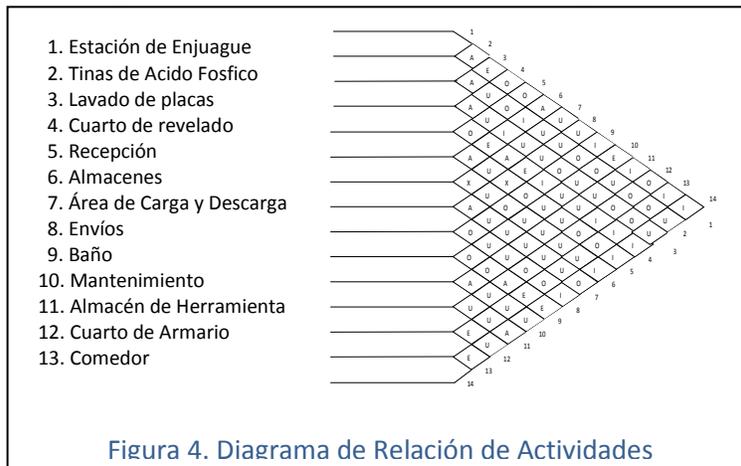


Figura 4. Diagrama de Relación de Actividades

Hoja de trabajo de relaciones de actividades

Ya teniendo el Diagrama de relación de actividades se desarrolla la hoja de trabajo obtiene los datos básicos para elaborar el diagrama adimensional de bloques como se muestra en la Tabla 5.

Actividades	A	E	I	O	U	X
1. Estación de Enjuague	2,6	3, 10	9,11,13,14	4,5,12	7,8	
2. Tinas de Acido Fosfórico	1,3		6	9,10,12,13,5	7,8,4,11,14	
3. Lavado de placas	2,4	1	6	12,13,9	5,7,8,10,11,14	
4. Cuarto de lavado	3,7	6,8	9,12,13,14	1,5	2,10,11	
5. Recepción	6		14	4,2,1,9,12,13	3,7,10,11	8
6. Almacenes	5,1	4	3,2,14	9	8,10,11,12,13	7
7. Área de carga y descarga	4,8			14	5,3,2,1,9,10,11,12,13	6
8. Envíos	7	4	14	9,12,13	6,3,2,1,10,11	5
9. Baños	12	13,14	4,1	8,6,5,11,3,2,10	7,8,7,6,5,4,3,12,13,14	
10. Mantenimiento	11	1		9,2	7	
11. Almacén de Herramienta	10		1	9,14	8,7,6,5,4,3,2,12,13	
12. Cuarto de Armario	9	13	4	8,5,3,2,1	11,10,7,6,14	
13. Comedor		14,12,9	4,1	8,5,3,2	10,11,7,6	
14. Oficinas		13,9	8,6,5,4,1	11,7	12,10,2,3	

Figura 5. Hoja de trabajo de relaciones de actividades

Diagrama Adimensional de Bloques

Una vez teniendo el Diagrama de relación de actividades y la hoja de trabajo se procede a realizar el Diagrama Adimensional de bloques el cual es el primer intento de distribución maestra ver Figura 6.

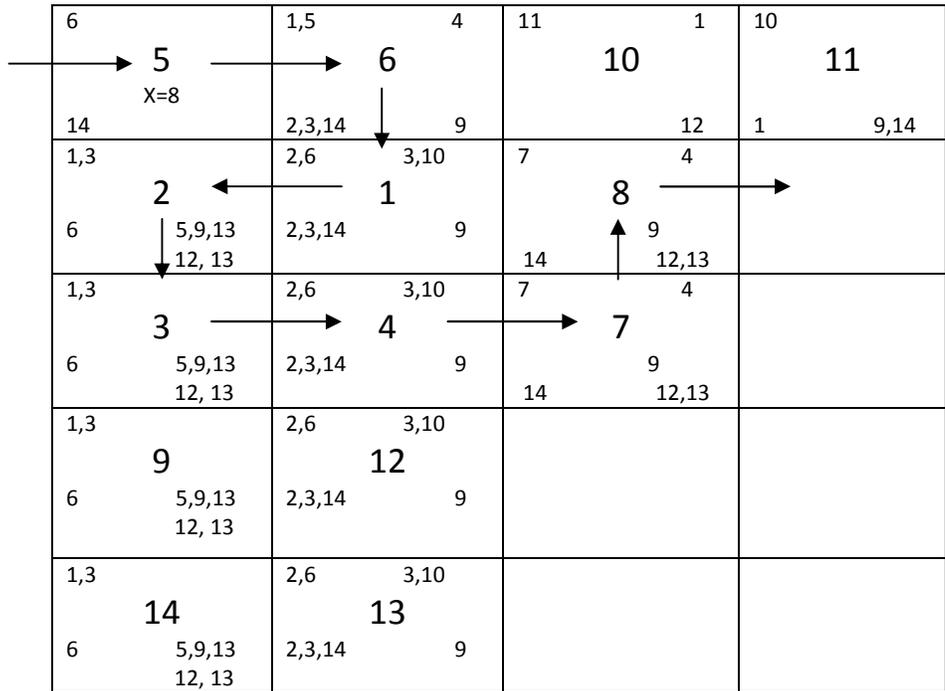


Figura 6. Hoja de trabajo de relaciones de actividades

Desarrollo del modelo de simulación con Software Promodel

Una vez desarrollado realizado el análisis de los diagramas de relación de actividades, de la hoja de trabajo de relación de actividades y del Diagrama Adimensional de Bloques se procede a desarrollar el modelo de simulación con el software Promodel y obtener indicadores sobre el comportamiento del



Figura 7. Modelo de Simulación bajo l Diagrama Adimensional de Bloques

sistema ahora con la propuesta de la nueva distribución para lo cual fue importante realizar un análisis muy minucioso par poder determinar ahora diferentes indicadores que nos permitirán elegir la mejor opción de la distribución de planta ver Figura 7.

IV. COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

En este trabajo de investigación se realizó con la finalidad de analizar una propuesta de distribución de planta bajo el diagrama de relación de actividades, la hoja de trabajo y el Diagrama Adimensional de Bloques es un primer paso para proponer una distribución de planta y con la ayuda del software Promodel se complementaron para poder realizar las distintas propuestas de distribución de planta.

Conclusiones

Los resultados demuestran la necesidad de llevar a cabo un análisis más completo sobre la decisión de implementar cierto tipo de distribución ya que con apoyo de los modelos de simulación se obtienen datos importantes para su análisis como es los tiempos muertos, cuellos de botellas, distribuciones de cargas de trabajo por estación de trabajo y todo esto en su conjunto son importante para la toma de decisiones en este caso una mejor distribución de planta.

Recomendaciones

Los investigadores mencionan que es necesario analizar, desarrollar y proponer distintas distribuciones de planta considerando diferentes escenarios como por ejemplo determinar los niveles de inventarios, los cuellos de botella, la productividad, etc. Ya que es muy importante saber que este tipo de investigaciones se llevan tiempo aplicarlas y desarrollarlas.

V. REFERENCIAS

- García E, García H, Cárdenas L. (2006) Simulación y análisis de sistemas con Promodel, 1era Edición, Editorial Prentice Hall, 2006
- Hodson William K. Manual del Ingeniero Industrial, 4ta Edición, Mc Graw Hill, 1996
- Muther, Systematic Layout Planning, 2da edición, New York, Van Nostrand Reinhold, 1973.
- Niebel, Benjamín, Freivalds Andris, Métodos, Estándares y Diseño de trabajo, 11ª Edición, 2004

Una Solución en la Reducción de la Dimensionalidad en el Control Estadístico de Procesos

M.I.I. Elizabeth E. Díaz Castellanos¹, Dr. Carlos Díaz Ramos², Dra. Gladys Linares Fléites³

Resumen—Los procedimientos de elaboración de cartas de control estadístico multivariado convencionales, son razonablemente efectivas, cuando el número (p) de variables del proceso a monitorear no es muy grande. Sin embargo, cuando p aumenta, dichas cartas de control acusan algunas deficiencias. Consecuentemente, existen otros métodos útiles para monitorear el proceso, especialmente en situaciones en donde se sospecha que la variabilidad en el proceso no se encuentra igualmente distribuida entre las p variables o características de calidad. El presente trabajo ilustra la aplicación del método de los componentes principales para el monitoreo de un proceso de elaboración de un producto en polvo, lo cual permitió llevar al proceso a niveles de desempeño superiores, obteniéndose beneficios significativos para la empresa.

Palabras claves—Control Estadístico Multivariado, Análisis de Componentes Principales, Cartas de Control.

I. INTRODUCCIÓN

Los componentes principales de un conjunto de variables del proceso x_1, x_2, \dots, x_p son un conjunto particular de combinaciones lineales de dichas variables; es decir,

$$\begin{aligned} z_1 &= c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + \dots + c_{1p}x_p \\ z_2 &= c_{21}x_1 + c_{22}x_2 + \dots + c_{2p}x_p \\ &\vdots \\ z_p &= c_{p1}x_1 + c_{p2}x_2 + \dots + c_{pp}x_p \end{aligned} \tag{1}$$

Geoméricamente, los componentes principales z_1, z_2, \dots, z_p son los ejes de un nuevo sistema coordinado obtenido rotando los ejes del sistema *original* (las x 's). Los nuevos ejes presentan las direcciones de máxima variabilidad. El intento básico de los componentes principales, es encontrar un nuevo conjunto de direcciones ortogonales que definan la máxima variabilidad de los datos originales, y de esta manera lleven a una adecuada descripción del proceso, necesitando de una cantidad de variables considerablemente menor a p . La información contenida en el conjunto completo de los p componentes principales, es exactamente equivalente a la información que proporciona el conjunto completo de las p variables originales del proceso. Sin embargo, se pueden utilizar mucho menos de p componentes principales para obtener una descripción satisfactoria.

Encontrar las constantes c_{ij} de los componentes principales es relativamente fácil. Las variables aleatorias x_1, x_2, \dots, x_p se pueden representar por medio del vector \mathbf{x} con matriz de covarianza Σ y valores propios $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$. Entonces las constantes c_{ij} son simplemente los elementos del

¹ La M.I.I. Elizabeth Díaz Castellanos es Profesora del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Central de Veracruz. Ver, México. eugenia.diaz@itesm.mx (autor corresponsal)

² El Dr. Carlos Díaz Ramos es Profesor Investigador del Instituto Tecnológico de Orizaba y de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, Orizaba, Ver, México. carlosdiazramos@yahoo.com.mx

³ La Dra. Gladys Linares Fleites es Profesora Investigadora del Departamento de Investigación de Ciencias Agrícolas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Pue., México. Gladys.linares@icbuap.mx

iésimo vector propio cuyo valor propio es λ_i . Básicamente, si se representa por \mathbf{C} a la matriz cuyas columnas son los vectores propios, entonces

$$\mathbf{C}'\Sigma\mathbf{C} = \mathbf{\Lambda} \quad (2)$$

donde $\mathbf{\Lambda}$ es una matriz diagonal $p \times p$ cuyos elementos en la diagonal principal son los valores propios $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$.

La varianza del i -ésimo componente principal es el i -ésimo valor propio λ_i . Por tal razón, la proporción de la variabilidad de los datos originales, explicada por el i -ésimo componente principal, está dada por

$$\frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \quad (3)$$

De esta manera se puede ver fácilmente qué proporción de la variabilidad total explican, por decir, r de los p componentes principales, calculando la suma de sus valores propios, y comparándola con la suma total de los valores propios. Si se estandarizan las variables de tal manera que tengan una media de cero y una desviación estándar de uno, entonces la matriz de covarianza tendrá la forma de matriz de correlación. La razón para hacer esto es, es que las variables originales del proceso frecuentemente se expresan en diferentes escalas y como consecuencia de ello dichas variables pueden tener diferentes magnitudes. Consecuentemente, puede parecer que una variable contribuye mucho a la variabilidad total del sistema, debido a que su escala de medición tiene mayores magnitudes que las otras variables. La estandarización resuelve este problema.

Una vez que se han calculado los componentes principales y se ha seleccionado un subconjunto de ellos, se pueden obtener nuevas observaciones z_{ij} de ellos, sustituyendo simplemente las observaciones originales x_{ij} en el conjunto de componentes principales retenidos. Esto da por ejemplo

$$\begin{aligned} z_{i1} &= c_{11}x_{i1} + c_{12}x_{i2} + \dots + c_{1p}x_{ip} \\ z_{i2} &= c_{21}x_{i1} + c_{22}x_{i2} + \dots + c_{2p}x_{ip} \\ &\vdots \\ z_{ir} &= c_{r1}x_{i1} + c_{r2}x_{i2} + \dots + c_{rp}x_{ip} \end{aligned} \quad (4)$$

donde se han retenido los primeros r de los p componentes principales. Las z_{ij} 's se llaman en ocasiones **escores de los componentes principales**.

II. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Planteamiento del Problema

Una planta de elaboración de un producto en polvo, no cuenta con un Sistema de Control Estadístico de Procesos que sirva para el monitoreo de aquellas variables de salida que son determinantes de la calidad final del producto.

Actualmente la planta tiene muchos problemas con el cumplimiento de las características de calidad solicitadas por sus diferentes clientes; existen aproximadamente entre 8 y 10 características de calidad

del tipo variables y 2 del tipo atributos. Actualmente no se dispone de con un seguimiento adecuado del proceso con respecto a éstas variables de calidad, lo cual repercute en que no se conoce el motivo exacto por el cual no se pueden cumplir con las especificaciones. Por tanto, se desconoce si el incumplimiento de las normas se debe a un mal diseño de tolerancias, una falta de capacidad del proceso, un mal manejo de los equipos, condiciones de operación erróneas, etc.; cualquiera que fuese la causa, está provocando una alta variabilidad en las variables de salida del proceso, lo cual se traduce en elevados costo de producción debido al reproceso a que deben ser sometidos los lotes no conformes.

Cálculo de Componentes Principales

En la tabla 1 se dan los valores de las variables que han sido incluidas en el estudio. La matriz de correlación de la muestra se presenta en la figura 1.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
V2	0.433 0.035								
V3	-0.502 0.013	-0.171 0.425							
V4	-0.221 0.300	0.296 0.160	-0.039 0.856						
V5	-0.127 0.555	0.008 0.970	-0.234 0.271	0.293 0.165					
V6	0.004 0.984	-0.192 0.370	-0.192 0.369	-0.165 0.441	0.142 0.509				
V7	0.312 0.138	0.451 0.027	-0.064 0.767	0.009 0.968	-0.083 0.700	-0.073 0.734			
V8	-0.046 0.830	-0.197 0.355	-0.005 0.980	-0.364 0.080	0.240 0.259	0.096 0.656	-0.467 0.022		
V9	0.172 0.422	0.269 0.204	-0.053 0.807	0.262 0.217	-0.234 0.272	-0.129 0.548	0.554 0.005	-0.979 0.000	
V10	-0.456 0.025	-0.206 0.334	0.244 0.250	0.586 0.003	-0.137 0.523	0.091 0.674	-0.159 0.458	-0.556 0.005	0.375 0.071

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Figura 1. Matriz de Covarianza en términos de Coeficiente de Correlación

Tabla 1. Variables del proceso químico

observación	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
1	1.41	95	4.78	248	212	32	0.2	74.3	18.7	6.8
2	1.37	93	4.77	245	207	32	0.2	77.2	15.5	7.2
3	1.5	95	4.76	245	207	32	0.2	75.2	16.5	8.3
4	1.45	104	4.83	255	207	26	0.4	61.2	29.6	8.8
5	1.48	101	4.75	250	212	32	0.4	62.4	29.2	8

6	1.85	104	4.73	248	207	28	0.4	64	28.4	7.2
7	1.38	106	4.79	248	206	32	0.5	63.9	28.6	6.9
8	1.88	100	4.37	248	210	31	0.4	65.6	27.6	6.2
9	1.76	97	4.6	243	208	32	0.4	65.2	28.1	6.3
10	1.86	105	4.6	245	211	30	0.2	77.6	17.1	5.1
11	1.99	114	4.63	248	209	31	0.5	76.9	18.2	4.5
12	1.87	104	4.7	253	208	28	0.4	66.4	27.2	6
13	1.81	104	4.74	253	211	32	0.4	64	28	7.6
14	1.64	97	4.8	240	208	29	0.4	69.2	25.2	5.2
15	1.77	99	4.75	240	205	30	0.4	63.2	28.8	7.6
16	2	102	4.7	243	207	33	0.4	64.4	28	7.2
17	1.94	102	4.71	240	206	31	0.4	67.2	26.8	5.6
18	1.88	104	4.73	240	206	30	0.4	68.4	26	5.2
19	1.77	103	4.74	238	210	30	0.8	70.5	24.6	4.2
20	2.07	101	4.71	243	208	32	0.4	71.2	23.4	5.5
21	1.76	98	4.74	240	207	31	0.3	72.8	21.5	4.9
22	1.81	99	4.74	240	208	29	0.2	77.9	17.1	4.7
23	1.69	97	4.74	245	210	29	0.4	74.8	19.8	5.2
24	1.49	101	4.75	240	210	30	0.1	75.1	19.5	5.2

La tabla 2 contiene los valores propios y los porcentajes de variabilidad explicada; en la tabla 3 se encuentran los vectores propios correspondientes.

Tabla 2. Valores propios de cada componente principal

valores propios	2.924	2.2957	1.4747	1.201	0.7938	0.6341	0.3179	0.2542	0.1043	0.0003
porcentaje	0.292	0.23	0.147	0.12	0.079	0.063	0.032	0.025	0.01	0
porcentaje acumulado	0.292	0.522	0.669	0.79	0.869	0.932	0.964	0.99	1	1

Tabla 3. Vectores propios de cada componente principal

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
V1	0.096	-0.555	-0.011	0.124	-0.33	0.095	-0.509	-0.536	-0.052	0.014
V2	0.266	-0.351	0.191	-0.379	0.037	0.593	-0.034	0.458	-0.251	-0.004
V3	-0.016	0.366	-0.421	-0.344	0.426	0.283	-0.507	-0.194	0.116	0.007
V4	0.283	0.257	0.533	-0.261	-0.165	0.198	0.138	-0.336	0.55	0.001
V5	-0.139	-0.006	0.66	-0.089	0.429	-0.374	-0.397	0.018	-0.234	0.004

V6	-0.124	0.009	0.178	0.739	0.333	0.499	-0.054	0.051	0.203	0
V7	0.359	-0.305	-0.105	-0.03	0.587	-0.065	0.466	-0.428	-0.135	-0.006
V8	-0.55	-0.102	0.06	-0.191	0.003	0.182	0.18	-0.194	-0.045	-0.736
V9	0.547	-0.014	-0.093	0.168	0.04	-0.247	-0.229	0.263	0.216	-0.658
V10	0.273	0.515	0.103	0.185	-0.202	0.184	0.021	-0.244	-0.675	-0.159

Usando los cuatro primeros componentes principales, se puede explicar el 80%% de la variabilidad total. Las ecuaciones de estos cuatro componentes en términos de variables estandarizadas son

$$\begin{aligned}
 Z_{i1} &= -0.096Z_1 + 0.266Z_2 - 0.016Z_3 + 0.283Z_4 - 0.139Z_5 - 0.124Z_6 + 0.359Z_7 - 0.55Z_8 + 0.547Z_9 \\
 &\quad + 0.273Z_{10} \\
 Z_{i2} &= -0.555Z_1 - 0.351Z_2 + 0.366Z_3 + 0.257Z_4 - 0.006Z_5 + 0.009Z_6 - 0.305Z_7 - 0.102Z_8 - 0.014Z_9 \\
 &\quad + 0.515Z_{10} \\
 Z_{i3} &= -0.011Z_1 + 0.191Z_2 - 0.421Z_3 + 0.533Z_4 + 0.66Z_5 + 0.178Z_6 - 0.105Z_7 + 0.062Z_8 - 0.093Z_9 \\
 &\quad + 0.103Z_{10} \\
 Z_{i4} &= 0.124Z_1 - 0.379Z_2 - 0.344Z_3 - 0.261Z_4 - 0.089Z_5 + 0.739Z_6 - 0.03Z_7 - 0.191Z_8 + 0.168Z_9 \\
 &\quad + 0.185Z_{10}
 \end{aligned} \tag{5}$$

III. IMPLEMENTACIÓN DE CARTAS DE CONTROL

En la figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se presentan los elipsoides de control del 99% para las diferentes combinaciones de los cuatro componentes principales seleccionados. Las gráficas muestran puntos fuera de control en las parejas Z_{i1} y Z_{i2} , Z_{i1} y Z_{i4} , y Z_{i2} y Z_{i4} ; esto indica la presencia de causas asignables de variación para estos casos.

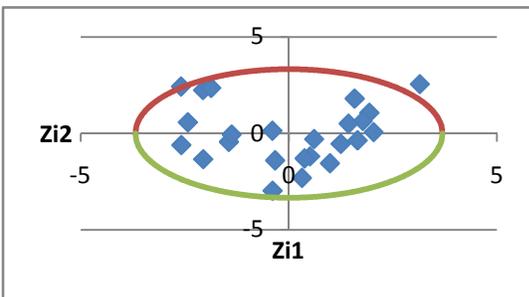


Figura 2. Gráfico de Control para Z_{i1} y Z_{i2}

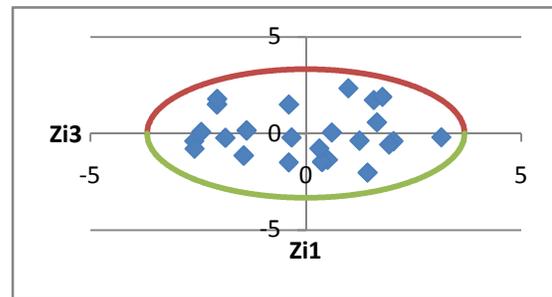


Figura 3. Gráfico de Control para Z_{i1} y Z_{i3}

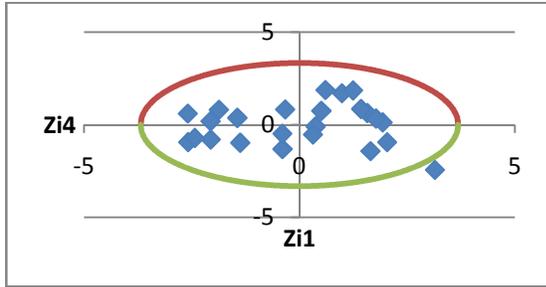


Figura 4. Gráfico de Control para Z_{i1} y Z_{i4}

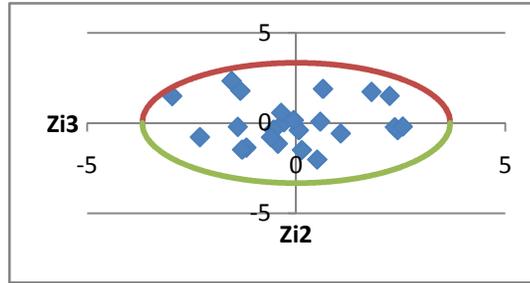


Figura 5. Gráfico de Control para Z_{i2} y Z_{i3}

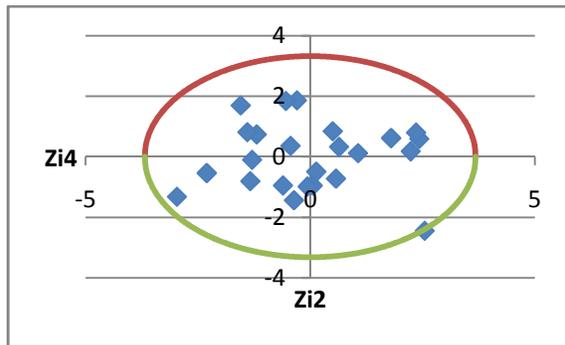


Figura 6. Gráfico de Control Z_{i2} y Z_{i4}

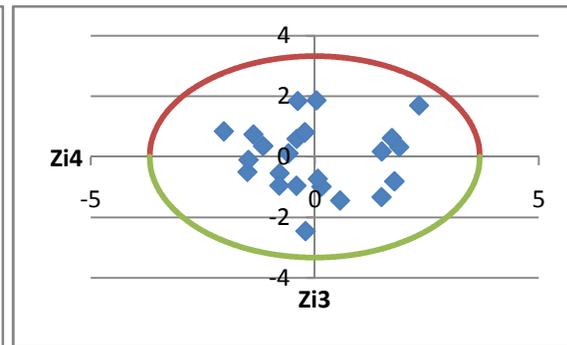


Figura 7. Gráfico de Control para Z_{i3} y Z_{i4}

IV. COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

En este trabajo de investigación se presenta un caso de monitoreo de un proceso de un producto en polvo mediante componentes principales, técnica multivariada que se aplica como alternativa a las cartas de control univariadas. Los resultados mostraron la presencia de causas asignables de variación; esto conduce a aplicar un proceso sistemático de identificación de las causas raíz del problema; éste, es el proyecto que actualmente se está llevando a cabo en la empresa, por lo cual en congresos futuros, los autores estarán reportando los resultados finalmente obtenidos

Conclusiones

Una de las desventajas de este tipo de cartas de control es que si se retienen más de dos componentes principales resulta complicado elaborar la carta correspondiente. Además, la interpretación de los componentes principales puede ser bastante difícil, debido a que son solo combinaciones lineales de las variables del proceso.

Por otro lado, su utilidad radica en que al utilizar componentes principales para monitorear la calidad de un proceso, se hace una reducción de la dimensionalidad de las variables, y esto hace mucho más sencillo su control.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en profundizar en este tipo de investigación, podrían concentrarse en evaluar el desempeño del método de componentes principales en contraste con otros métodos, tales como el estadístico de T^2 de Hotelling, EWMA multivariada, etc.

V. REFERENCIAS

1. Jackson, J. E., Principal Components and Factor Analysis. PartI – Principal Components, J. Qual. Technol., 12, 1980
2. Jhonson R., Wichern D. Applied Multivariate Statistical Analysis. Pearson Education. USA, 2002.
3. Karl, Dennis P., Morisette, Jeffery y Taam, Winson, Some Applications of a Multivariate Capability Index in Geometric Dimensioning and Tolerancing, Quality Engineering, 6(4), 1994.
4. Padgett, Marcus M., Vaughn, Lawrence E. Y Lester, Joseph A., Statistical Process Control and Machine Capability in Three Dimensions, Quality Engineering, 7(4), 1995.
5. Pérez, César. Técnicas de Análisis Multivariante de Datos. Aplicaciones con SPSS. Pearson, Prentice Hall. 2004.
6. Taam, W. Subbaiah y Liddy, J. W., A note on Multivariate Capability Indices, J. Appl. Stat., 20(3), 1993.
7. Uriel E., Aldás J. Análisis Multivariante Aplicado. Thompson. España, 2005.
8. Wierda, S. J., A Multivariate Process Capability Index, Proc. Of 9thInternat. Conf. Israel. Soc. Qual. Assurance, 1992.
9. Woodall, William H., Controversias and Contradictions in Statistical Process Control, Journal of Quality Technology, 32(4), 2000.

La **M.I.I. Elizabeth E. Díaz Castellanos** es Catedrática del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Central de Veracruz. Autora de diversos artículos en revistas arbitradas, ponencias en congresos nacionales e internacionales. Obtuvo mención honorífica en a Maestría en Ingeniería Industrial. Ha realizado actividades de consultoría en diversas industrias alimentarias. Reconocida por la ANFEI como el mejor promedio de las Escuelas y Facultades de Ingeniería a nivel nacional.

El **Dr. Carlos Díaz Ramos**, es Profesor Investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del ITO, catedrático de la Facultad de Ciencias Químicas de la UV. Ha publicado varios artículos, ponencias en congresos nacionales e internacionales. Ha elaborado dos libros relacionados con la ingeniería industrial. Su trayectoria académica y profesional fue incluida en la publicación *Who's Who in the World* 2009. Y ah sido nominado al top 100

La **Dra. Gladys Linares Fleites** es Profesor Investigador del Departamento de Ciencias Agrícolas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Desarrollo de un Plan de Mejora para MP Plásticos San Antonio

Elías Neftalí Escobar Gómez¹, Sabino Velázquez Trujillo², Atanacio Hernández Chan³, Marco Antonio Gutiérrez Domínguez⁴ y Jorge Elí Castellanos Martínez⁵.

Resumen—El entorno económico es muy dinámico, por lo que las estrategias que nos dieron buenos resultados en el pasado posiblemente nos estén obstaculizando en el futuro. Por lo tanto, se hace necesario que para que una organización sea competitiva debe estar inmersa en un proceso de mejora continua. El presente proyecto se lleva a cabo en la empresa MP Plásticos San Antonio S.A. de C.V., la cual está dedicada a la fabricación de electroductos y poliductos, en diferentes presentaciones. En este artículo se presenta el desarrollo de un plan de mejora para MP Plásticos San Antonio, coadyuvando a que sus productos satisfagan a sus clientes con un mejor aprovechamiento de sus recursos, es decir, disminuyendo todo aquello que no agrega valor a sus productos.

Palabras claves—Plan de mejora, control de producción, rastreabilidad, reducción de desperdicios e incremento de eficiencia.

I. INTRODUCCIÓN

En una organización se disponen de muchos recursos, uno de los principales problemas para alcanzar el éxito es determinar como emplear estos recursos potencialmente productivos durante los siguientes periodos, ya que usualmente una gran parte de éstos no son aprovechados en forma adecuada, representando una cantidad mayor a la mínima absolutamente necesaria para producir lo que el cliente demanda. En este sentido, algunos autores consideran que cerca del 95% de las actividades que se realizan no agregan valor al producto.

Aunado a esto, los clientes son cada vez más exigentes. Anteriormente una empresa para que fuera líder debía tener productos de calidad, ahora es un requisito para continuar en el mercado. Del mismo modo, el entorno es cada vez más competitivo y se requiere de mayor velocidad de respuesta ante las exigencias de los clientes, el lead time se reduce y se requieren de productos novedosos.

Para que una organización pueda responder ante estos cambios debe establecer estrategias que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos, coordinados a través de un plan de mejora. Este plan, además contribuirá a detectar los puntos de oportunidad o áreas críticas de la empresa, y de esta manera plantear soluciones.

Con el plan de mejora se pueden establecer procesos competitivos, un control de las acciones a realizar, la identificación de las causas que ocasionan los problemas, y jerarquizar los aspectos prioritarios, lo que coadyuvará a incrementar la eficiencia de la organización.

Un elemento importante en el plan propuesto es un sistema de control de producción eficiente, ya que a través de éste se podrá eliminar la escasez de piezas en la línea de ensamble, la dificultad para terminar los pedidos a tiempo, demasiados pedidos urgentes, el excesivo tiempo extra, las frecuentes

¹ Elías Neftalí Escobar Gómez es Profesor y Jefe de proyectos de Investigación de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. enescobarg@hotmail.com (autor correspondiente)

² Sabino Velázquez Trujillo es Profesor de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

³ Atanacio Hernández Chan es Profesor de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

⁴ Marco Antonio Gutiérrez Domínguez es Profesor de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

⁵ Jorge Elí Castellanos Martínez es Profesor de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

demoras en la producción, los excesivos costo de preparación de máquinas, el tiempo de espera de los obreros antes de recibir las ordenes de producción, las pérdidas frecuentes de materiales en proceso, la necesidad frecuente de robarle a una orden para completar otra, la incapacidad para dar información respecto al progreso de pedidos individuales, el exceso o acumulación de inventarios obsoletos, entre otros.

II. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Antecedentes

MP Plásticos San Antonio es una empresa dedicada a la fabricación de poliductos y electroductos, aunque en general la percepción de sus productos por parte de sus clientes es buena, existen diversos factores que le afectan en su operación, como son: falta de control del flujo de materiales, deficiente distribución de planta, altos niveles de reproceso, desorganización del área de almacén y de producción, entre otros.

Considerando las condiciones iniciales de la empresa, el fundamento del plan de mejora que se propone para MP Plásticos San Antonio se basa en la obtención de información del proceso productivo que permita a los administradores tomar buenas decisiones, a través de un sistema de control de producción.

Con la implementación del método propuesto se obtiene información relacionada con el nivel de rechazo de la producción, el nivel de desperdicio o de reproceso, el porcentaje de tiempo improductivo debido a averías o a tiempos de preparación de las máquinas o a que el personal realiza actividades que no agregan valor al producto (mudas), así como, los procesos cuello de botella. Esto permitirá establecer e implantar estrategias de mejora, y analizar su impacto en la eficiencia del área de producción.

Método propuesto

Para el desarrollo e implementación del plan de mejora se utilizan los pasos que a continuación se mencionan:

1) **Determinar la eficiencia del área de producción.** En este paso se determina la eficiencia considerando la mezcla de productos, para establecerlo como nivel base, la eficiencia se obtiene a través de la razón entre la producción real y la producción estándar.

2) **Diseñar e implementar un sistema de control de producción.** En el segundo paso se diseña un sistema de control de producción y se implementa, con esto se determina la capacidad de producción, y se da seguimiento a los materiales en todo el flujo de producción (rastreadabilidad), y sobre todo, se identifican las mudas.

3) **Identificar las mudas y analizar sus causas.** En este paso, y como resultado de la implementación del sistema de control de producción se identifican las mudas y se realiza su análisis.

4) **Establecer e implementar estrategias de mejora.** En el cuarto paso se desarrollan las estrategias que se contribuirán a eliminar o disminuir las mudas identificadas, y se implementan para incrementar la eficiencia del área de producción.

5) **Calcular la nueva eficiencia del área de producción.** En este paso, y después de implementar las estrategias de mejora, se debe determinar el nuevo nivel de la eficiencia del área de producción.

III. APLICACIÓN DEL MÉTODO

Determinar la eficiencia del área de producción

De acuerdo al método propuesto, el primer paso es cuantificar la eficiencia del proceso productivo. Para el cálculo es importante considerar a los 22 productos que se elaboran, las tres máquinas necesarias para la producción, así como las condiciones de operación dependiendo del periodo de estudio (en los meses de demanda baja sólo se utiliza una extrusora y en los meses de alta demanda se utilizan las tres). Para este cálculo se utiliza la ecuación 1.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Producción}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Capacidad mensual}_i} \quad (1)$$

Donde: Producción_i representa el nivel de producción del artículo i, y Capacidad mensual_i constituye la capacidad disponible para fabricar el artículo i.

MP Plásticos San Antonio vende los poliductos o electroductos en rollos de 100 metros, sin embargo, para la determinación de la eficiencia se utiliza la unidad agregada del kilogramo. Para el cálculo de la producción y la capacidad de producción en kilogramos se considera el peso estándar de los rollos de cada tipo de manguera producida.

Considerando que la producción total del mes de agosto del año 2008 fue de 7,265.90 kilogramos, que la capacidad de producción total disponible fue de 10,579.177 kilogramos, y aplicando la ecuación 1 se obtiene que la eficiencia del área de producción para este mes es de 68.68%.

Diseñar e implementar de un sistema de control de producción

Para el desarrollo del segundo paso se plantean la implementación de tres actividades generales:

1) Diseño de formatos para el control de la producción, control de avance y control de existencias.

Los *formatos de control de avance* permiten darle seguimiento a la forma en que se realiza el consumo de los lotes de materia prima en cada una de las áreas, y la forma en que se lleva a cabo el proceso productivo, proporcionando el tiempo que tardan los obreros en procesar cada lote y sobre todo las cantidades producidas de un lote (total de producción y desperdicios en cada área del proceso productivo de la empresa). Los formatos diseñados para el control de avance se describen a continuación.

Formato de control para el área de selección, corte y limpieza de botes, playo y material de reproceso.

Con este formato se controla el consumo de la materia prima (playo limpio o sucio, botes o material de reproceso), en el proceso de selección, corte y limpieza de botes, playo y material de reproceso, cuantificando la cantidad total de producción y los desperdicios que se obtuvieron en una jornada de trabajo, además de la cantidad de material del lote asignado que faltó procesar (material en espera).

Formato de control del área de compactado y triturado. Este formato permite controlar el consumo de la materia prima en el proceso de compactado, lavado y secado de playo, además del proceso de triturado, lavado y secado de la formación de hojuelas de los botes, así como del proceso de triturado de las hojuelas de material de reproceso. Cuantificando la producción total, el desperdicio producido, y la cantidad no producida del lote.

Formato de control de orden de producción. Utilizando el formato se puede controlar la etapa en que se encuentra un pedido, por otra parte, marca el inicio del rastreo hacia adelante de la materia prima como producto terminado, esto a través de un nuevo código de identificación.

Los *formatos de control de existencias* proporcionan información de las entradas y salidas de los materiales para cada uno de los cuatro almacenes de la empresa (materia prima, producto en proceso, producto terminado y reproceso). A continuación se describen los formatos diseñados para el control de existencias.

Formato de control de entrada de materia prima. Este formato está diseñado para controlar las entradas de la materia prima a la empresa, indicando: qué entra, quién lo trae, cuándo lo trae, cuánto trae y a dónde se asigna el material. Así también, el formato marca el inicio del proceso de la rastreabilidad, ya que al momento de la entrada de materia prima, ésta es identificada a través de un código, con el cual se identifica el lote al momento de pasar por todas las áreas del proceso productivo (junto a su tarjeta de identificación).

Formato de control de entrada al almacén de producto semiprocesado. Con este formato se controlan las entradas del material semiprocesado, haciendo un recuento las existencias.

Formato de control de salida del almacén de producto semiprocesado. El formato controla las salidas del almacén de material semiprocesado, para cuantificar la existencia real después de la salida y antes de una entrada.

Los formatos para el control de entrada al almacén de producto terminado, salida del almacén de producto terminado, entrada al almacén de material de reproceso y salida del almacén de material de reproceso cumplen con funciones similares a las descritas para los formatos de control de entrada y salida del almacén de producto semiprocesado.

2) Diseño de formas de rastreo. Codificación y marcado de la materia prima.

Para seguir el rastro de los lotes de materia prima en cada una de las áreas del proceso productivo, desde su ingreso al almacén de materias primas hasta el área de inventario final como producto terminado, se procede a identificar a los lotes a través de una serie de códigos que son registrados en cada uno de los formatos para el control de la producción. La codificación se realiza por áreas como se muestra a continuación.

Codificación para lotes. Está formado por cinco secciones, la primera sección consta de dos letras y se utiliza para representar las iniciales del proveedor, la segunda sección está formado por dos dígitos y representa el número de paquete, la tercera se forma de dos dígitos y muestra el día del mes en el que el proveedor entregó la materia prima, la sección cuatro también se forma de dos dígitos y significa el mes del año en el que el proveedor trae el material, y en la última sección se registra el tipo de materia prima entregada (B-Botes, T-Tapas, P-Playo limpio, PS-Playo sucio, RP1-Reproceso tipo cuerda, RP2-Reproceso tipo manguera, RP3-Reproceso tipo piedra y Pol-Poliducto (manguera).

Codificación de las áreas de la empresa. Se forma de dos elementos, la letra A y un dígito que representa una de las siete áreas (1-Selección, corte y limpieza de playo; 2-Selección, corte y limpieza de bote; 3-Compactado y triturado; 4-Lavado de playo; 5-Secado de playo; 6-Lavado de hojuelas; y 7-Desperdicios).

Codificación de las operaciones. Está compuesto por la letra O y un dígito que simboliza la operación realizada (1- Selección, corte y limpieza de materia prima; 2-Compactado; 3-Triturado; 4-Lavado y 5-Secado).

Codificación de los almacenes. Se estructura con la palabra INV seguida de una o dos letras que corresponde al tipo de almacén (B-Botes, P-Playo limpio, PS-Playo sucio, RP-Reproceso, S-Producto semiprocesado, y PT-Producto terminado).

Codificación para producto terminado. Está formado por cinco elementos, el primer elemento consta de tres dígitos que representan la cantidad de rollos producidos, el segundo se forma de dos letras que simbolizan el tipo de producto terminado (MN-Manguera Negra o MR-Manguera Roja), el tercer elemento se compone de dos dígitos que significan la medida de la manguera producida (01- $\frac{1}{2}$ ", 02- $\frac{3}{4}$ ", 03-1", etcétera).

Codificación del tipo de salida. Se representa el tipo de venta (VP-Venta programada o VE-Venta eventual).

Además, y como estrategia de rastreabilidad de los materiales, se diseñaron tarjetas para registrar el momento que se inicio a procesar un lote, las cantidades que se produjeron y las cantidades que quedan materiales en proceso, y el momento en que se vuelven a asignar al proceso productivo y si es necesario, cuánto de estas cantidades volvieron a quedar en almacén. Estas tarjetas se denominan: Tarjeta de identificación, tarjeta 1 de movimiento de materia prima (procesos de selección, corte y limpieza), tarjeta 2 de movimiento de materia prima (procesos de triturado, lavado, secado y compactado), y tarjeta de movimiento de material semiprocesado.

3) Diseño de estrategias de control y seguimiento visual de la producción, que permita conocer la ubicación de un lote de materia prima, su nivel de prioridad en la producción, e identificar la cantidad procesada por cada obrero o equipo de trabajo.

En la empresa existen áreas que comparten un mismo espacio físico, por lo cual se dificulta identificar un lote de materia prima de otro, ya que estos resultan ser muy grandes, complicados de manipular y

tienden a combinarse con otros lotes; al juntarse los lotes, se pierde el orden de llegada, lo que rompe el control de la materia prima. Por lo anterior, se diseñó una serie de estrategias que permiten un mejor control y seguimiento visual de los movimientos de materia prima.

Utilizar un tablero de control de prioridades en cada almacén. Para la asignación de materiales en los almacenes de materia prima (playo, botes, poliductos), y de material semiprocesado, se implementa la técnica de primeras entradas primeras salidas, a través de un tablero de prioridades. En la parte superior se encuentra la base del tablero, un rectángulo de madera con cuatro divisiones enumeradas consecutivamente del 1 hasta el 4 (número que resultó de un previo análisis de la cantidad de lotes que quedan en inventario), en donde cada número es el orden de llegada, en la parte inferior de la base se tienen unas argollas, en las cuales se engancharán unas tarjetas de color que representan un lote, y así se conocerá la prioridad de salida. Se dispone además de un grupo de laminillas de identificación que complementan al tablero, que se colocan en la parte frontal de un lote estibado. Las laminillas representan a las tarjetas del tablero de control de prioridades, para que así se identifique el lote que tiene que ser asignado. Estas laminillas cuentan con un fichero donde se anexarán las tarjetas de identificación del lote.

Identificar el responsable del proceso realizado. Para esto se asignan colores a los sacos que se utilizan para el transporte de la producción de cada obrero, identificando al responsable de la transformación de un lote que se encuentra en el almacén de material semiprocesado o en espera a ser procesado en algún área del proceso productivo. En el almacén de material semiprocesado se estiban todos los costales que representen un lote, identificándolos con los costales del mismo color, además permite determinar la cantidad de material que fue procesado por cada obrero.

Control del almacén de producto terminado. Este se basa en registrar la entrada de los productos con el formato de control de almacén, además se asigna un código al producto, el cual es colocado en unas cintas de color, donde se describe el tipo de producto, cantidad y fecha de elaboración. Además, se distribuyen los espacios del almacén de acuerdo a la cantidad, tipo de producto (calibres), y a la orden de venta. La salida de los productos se registra en el formato de control establecido.

Proponer una nueva distribución de planta. La distribución que se propone, y dado que se tienen limitaciones económicas y de espacio, se basa principalmente en asignar un espacio adecuado para los almacenes, obteniendo una mejor perspectiva para la identificación y seguimiento del flujo de los materiales, así como para mejorar el ambiente de trabajo.

Los controles propuestos se implementaron durante el periodo comprendido de agosto a diciembre del año 2008, obteniéndose información que permite conocer mejor el proceso productivo de la empresa, y que además sirve de insumo para desarrollar un plan de producción, así también, se logró establecer el proceso de rastreabilidad de la producción. Entre la información obtenida se encuentra la cantidad, tipo y tiempo promedio de abastecimiento de materia prima, y una relación de proveedores potenciales; así como, la capacidad de producción de las áreas de selección, corte, limpieza y compactado de playo, de selección, corte, limpieza, triturado, lavado y secado de botes, y del extruido de las mangueras; además de la combinación adecuada de los materiales, y el conocer quién, cuánto, dónde, cuándo y cómo se procesaron los materiales.

Identificar las mudas y analizar sus causas

Para la identificación de las mudas se analizó la información obtenida en el periodo de febrero a marzo del año 2009, determinándose 17 actividades que no agregan valor al producto, la mayoría de ellas se determinan al realizar un análisis visual del sistema de producción, pero con la ayuda del sistema de control se logran cuantificar. Las actividades identificadas que no agregan valor al producto son las siguientes:

Sobreestadía. Ocurre cuando el camión que transporta la materia prima permanece en el patio por largos periodos de tiempo sin ser descargado, por no existir un espacio adecuado para el almacenamiento de la materia prima.

Tiempo de búsqueda de materia prima (playo). En el momento de recibir un lote de materia prima no se realiza una clasificación eficiente de ésta (húmedo-sucia o seco-sucia), por lo cual se apilan en desorden, lo que dificulta la búsqueda del lote programado a ser procesado.

Cuellos de botella. En el área de compactado se acumula material en proceso, ocasionado por fallas de las máquinas y la falta de asignación adecuada del personal para procesar el material.

Máquinas descompuestas. A las máquinas no se les proporciona mantenimiento preventivo, por lo consiguiente se reparan sólo cuando se descompone, esto se debe a varias causas: El operario no reporta el desperfecto al responsable de mantenimiento, el encargado de mantenimiento no está disponible porque tiene que cubrir otro puesto de trabajo, el personal administrativo no asigna el dinero para hacer la reparación de la máquina.

Falta de disponibilidad de herramientas. El encargado de mantenimiento tiene asignadas las herramientas necesarias para realizar un cambio de producción, y por lo general, cuando él no se encuentra en la planta deja al personal de producción sin la posibilidad de realizar ajustes o cambios de la línea.

Demasiado tiempo para realizar cambios o ajustes de las máquinas. Es ocasionado principalmente por la falta de disponibilidad de las herramientas apropiadas, así como también, por la falta de capacitación del operario.

Escasez de material necesario para el proceso de fabricación. Usualmente el nivel de inventario de material en proceso es bajo, debido a que existen cuellos de botella en el área de compactado y triturado; así como también, continuos paros por mantenimiento correctivo a la máquina compactadora, lo que evita el abastecimiento de material semiprocesado a las extrusoras.

Partículas en el material semiprocesado. Como la materia prima no es eficazmente procesada en las áreas de selección, corte y compactado, normalmente cuenta con elementos extraños, como son: grapas y trozos grandes de materia prima, entre otros.

Utilización de materias primas que no cumplen con especificaciones. En ocasiones la empresa compra material semiprocesado de baja calidad, lo que provoca deficiencia en el proceso de fabricación.

Máquinas mal programadas. El operario programa las máquinas a partir de su experiencia, haciendo caso omiso a la programación establecida por el Jefe de producción, reduciendo así los rendimientos y aumentando el reproceso.

Líneas de producción desequilibradas. Las áreas de compactado y de formado trabajan a un ritmo más lento, lo que provoca un descontrol.

Problemas de calidad. Existe un alto índice de desperdicio o retrabajos, o en ocasiones de quejas de clientes, debido principalmente a que no se realizaron revisiones de calidad adecuadas durante el proceso.

Errores en la planeación o en la programación de la producción. Originado por la falta del conocimiento de técnicas apropiadas para la planeación de la producción. Provocando así: escasez de materias primas en el inventario de materia prima, material semiprocesado y producto terminado; trabajar en el producto equivocado; e incumplimiento de abastecimiento a los clientes.

Falta de un responsable del área de producción. La empresa no cuenta con un supervisor. El encargado de la planta, se limita a controlar visualmente la producción, así como también a planear la producción. Es el único que conoce que productos se deben producir, y en ocasiones olvida dar la instrucción de cambio de producto, por lo que, los obreros continúan con la producción de un producto no requerido. Por otra parte, el encargado de la planta realiza las compras de material, venta de productos, contratación de personal, por tanto, generalmente no se encuentra en la empresa.

Configuración deficiente del área de trabajo. Se pierde tiempo porque el operario tiene que desplazarse de sus áreas de trabajo para ir por los materiales, herramientas, etc. La disposición del espacio de trabajo exige más trabajo físico o más desplazamientos de lo necesario para realizar una operación.

Planeación inadecuada de las instalaciones. Diversas personas necesitan utilizar, en el mismo momento, la misma área. Por ejemplo, en el área de compactado.

Artículos innecesarios o limpieza deficiente. En ocasiones en el área de producción se encuentran objetos que son innecesarios para el proceso y que ocupan espacio, además que provocan malestar al personal.

Establecer e implementar estrategias de mejora

Después de un análisis de las mudas, y considerando que una de las limitantes grandes de la empresa es la falta de liquidez, se plantean estrategias para eliminar algunas de las que no requieran de mucha inversión de tiempo y dinero, siendo estas:

Demasiado tiempo para realizar cambios o ajustes de las máquinas. A través del sistema de control de producción, se calculó el tiempo requerido para realizar el cambio de boquilla de la extrusora, siendo de aproximadamente 45 minutos. Asimismo, por medio del análisis de procesos se determinó que una de las actividades que dificultan el cambio de boquilla de la extrusora, es el destornillado. Por tanto, se decidió instalar en la parte frontal de la boquilla una tuerca tipo Allen que permita realizar el cambio con mayor facilidad. Con esto se redujo el tiempo de cambio de boquilla a aproximadamente 30 minutos.

Planeación inadecuada de las instalaciones. Existen dos áreas de selección, corte y limpieza de botes, por tanto, existen dos personas que se encargan de elaborar el material semiprocésado. Para elaborar este material es necesario que las dos personas utilicen la única máquina trituradora, la cual se encuentra en un espacio reducido, generándose una competencia continua para ocuparla y provocando disgustos entre ellos. Con la implementación de un programa de actividades se logró evitar que ambos obreros estén en continua competencia y el disgusto entre ellos. Por otra parte, la programación de actividades permite obtener un nivel adecuado de material semiprocésado.

Cuellos de botella. En el área de compactado suelen acumularse lotes provenientes del área de selección, corte y limpieza de playo, generalmente ocasionado por una deficiente asignación de trabajo a los obreros. Aunque existen dos obreros encargados del área, sus horarios no están programados de manera adecuada, es decir, cuentan con un horario de trabajo de 8:00 a 14:00 horas y de 21:00 a 23:00 horas, mientras que el área de selección, corte y limpieza de playo continúa abasteciéndola. Por lo que se determinó un calendario de horarios, en el cual se indica que el turno de los compactadores es de 8:00 a 15:00 horas y de 15:00 a 21:00 horas. Logrando así, tener un flujo constante del proceso y eliminando el cuello de botella; por otra parte, el constante compactado de lotes de materia prima permite abastecer en forma continua y oportuna al almacén de material semiprocésado. Por tanto, también se logra eliminar la muda de escasez de material necesario para el proceso de fabricación.

Calcular la nueva eficiencia del área de producción

Para verificar la efectividad del sistema de control de producción, el proceso de rastreabilidad y de las estrategias de reducción de mudas implementadas, es necesario realizar un nuevo cálculo de la eficiencia. Después de la implementación de las propuestas, en el mes de marzo del año 2009 se produjeron 9,926.40 kilogramos y considerando la capacidad de producción total disponible de 10,579.177 kilogramos, el cálculo de la eficiencia del mes de marzo del año 2009 es de 93.83%, lográndose un incremento del 25.15% de eficiencia con respecto al mes de agosto del año 2008.

IV. COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

En este trabajo investigativo se estructuró e implementó un plan de mejora para MP Plásticos San Antonio. Los resultados de la investigación incluyen el cálculo de la eficiencia del área de producción, el diseño e implementación de un sistema de control de producción, y el diseño e implementación de estrategias de mejora del área de producción de la empresa. A través del proceso de implementación del plan de mejora se identificaron diecisiete mudas, disminuyéndose el efecto de cuatro de ellas, con lo que se incrementó la eficiencia de la empresa.

Conclusiones

Los resultados de la investigación demuestran que con la implementación de estrategias sencillas y económicas se pueden disminuir las actividades que no agregan valor al producto, logrando mejorar la operación de la empresa. En este proyecto se incrementa la eficiencia en 25.15%, de 68.68% en el mes de agosto del año 2008 a 93.83% en el mes de marzo del año 2009, básicamente con la adecuación de una tuerca tipo Allen en la boquilla de la extrusora y de la reprogramación de horarios de trabajo de los operarios de los procesos de selección, corte y limpieza de playo, y de compactado.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en diseñar un sistema de información gerencial que suministre datos en forma confiable y oportuna, en estructurar e implementar un plan de producción, diseñar un programa de capacitación para los operarios de las máquinas y los supervisores a fin de que vigilen y cuantifiquen las mudas permanentemente.

V. REFERENCIAS

- Bedworth, D. y Bailey, J. Sistemas integrados de control de producción. Editorial Limusa. 2001.
- Gaither N. y Frazier G. Administración de producción y operaciones. 4ª Edición. International Thomson Editores. 2000.
- Hernández, A. Manufactura Justo a Tiempo. Editorial CECSA. 1993.
- Jiménez, Marvel. Estrategias para implementar la norma de calidad para la mejora continua. México D.F. Editorial Limusa. 2003.
- Schroeder R. Administración de Operaciones. Casos y conceptos contemporáneos. 2a Edición. Editorial Mc Graw Hill. 2005.
- Vollmann, T. et al. Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros. 5ª Edición. Editorial Mc Graw Hill. 2005

Modelo de Pronóstico de Ventas con Demanda Difusa, para MP Plásticos San Antonio

Elías Neftalí Escobar Gómez¹, Sabino Velázquez Trujillo², Jorge Antonio Orozco Torres³ y Jorge Antonio Mijangos López⁴

Resumen—La planeación de la producción es parte fundamental para el buen funcionamiento de una empresa manufacturera, permitiendo satisfacer la demanda y evitando la producción excesiva o insuficiente, a través de la asignación óptima de los recursos. Uno de los insumos para el establecimiento del plan es el pronóstico de las ventas, el cual normalmente se obtiene a través de modelos que se basan en el comportamiento de las ventas históricas, sin considerar la incertidumbre inherente. En este artículo se presentan los resultados de una investigación llevada a cabo en la empresa MP Plásticos San Antonio S.A. de C.V., en el que se desarrolla un modelo de pronóstico de ventas utilizando lógica difusa basada en reglas, considerando las variables que influyen en el comportamiento de las ventas. El modelo es aplicado y los resultados son comparados con las ventas reales.

Palabras claves—Pronóstico, modelo, incertidumbre, ventas y lógica difusa.

I. INTRODUCCIÓN

En los mercados se ha dado un cambio radical, antes era el fabricante quién definía el mercado a través de su programa de producción, en la actualidad es el cliente quién determina el producto y sus características. Además, los progresos tecnológicos y la competencia nacional e internacional han hecho que la competitividad sea primordial en el funcionamiento de las empresas.

Las empresas logran una ventaja competitiva a través de un efectivo sistema de planeación y control de la producción. El sistema de planeación y control de la producción combina los flujos de información y físicos para administrar los sistemas de producción, el flujo inicia en la demanda de los clientes y concluye en los proveedores. Un plan de producción se establece para considerar las fluctuaciones de la demanda y hacer un uso eficiente de los recursos disponibles. Una de sus metas es hacer coincidir los niveles de producción con la demanda, para fabricar los productos en el momento y en la cantidad requerida.

Rinks (1981) indica que existe una brecha entre la teoría y la práctica de la planeación de la producción agregada, por lo que muchos administradores al tomar decisiones prefieren usar reglas basadas en su experiencia en lugar de los modelos matemáticos.

Los modelos de pronósticos de las empresas generalmente no toman en cuenta variables que inciden directamente en el comportamiento del mercado. Para incluir estas variables, que en muchas ocasiones no están bien definidas y pueden tener diversos valores, no es práctico usar modelos con términos convencionales.

¹ Elías Neftalí Escobar Gómez es Profesor y Jefe de proyectos de Investigación de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. enescobarg@hotmail.com (autor correspondiente)

² Sabino Velázquez Trujillo es Profesor de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

³ Jorge Antonio Orozco Torres es Jefe del departamento de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

⁴ Jorge Antonio Mijangos López es Profesor de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Bellman y Zadeh (1970) escribieron que muchas de las decisiones hechas en el mundo real se deben hacer en un ambiente en el cual las metas, las restricciones y las consecuencias de las posibles acciones son vagas o imprecisas.

En Inteligencia artificial la Lógica Difusa se utiliza para la resolución de una variedad de problemas, principalmente los relacionados con control de procesos industriales complejos y sistemas de decisión en general, y la compresión de datos.

Los sistemas basados en Lógica Difusa imitan la forma en que toman decisiones los humanos, con la ventaja de ser mucho más rápidos. Uno de los objetivos básicos es proporcionar un marco de cálculo adecuado para la representación del conocimiento en la obtención de inferencias en un entorno de incertidumbre e imprecisión.

Chow (1997) indica que la Lógica Difusa tiene dos componentes principales: Las funciones de pertenencia, también llamadas funciones de membresía, y las reglas difusas, usando estos componentes es posible trasladar las experiencias humanas desde una descripción cualitativa a una descripción cuantitativa.

Nguyen y Walker (2000) indican que la Lógica Difusa tiene dos significados. El primero se refiere al uso de conjuntos difusos para la representación y manipulación de información vaga o imprecisa, con el propósito de tomar decisiones o realizar acciones. En el segundo significado lógica difusa representa una generalización de la lógica clásica.

II. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICO

Antecedentes

MP Plásticos San Antonio es una empresa dedicada a la fabricación de poliductos y electroductos, en general la percepción de sus productos por parte de sus clientes es buena, no obstante, su demanda fluctúa a través del tiempo, debido a que su comportamiento está influido por diversos factores.

El encargado de MP Plásticos San Antonio utilizaba su experiencia para generar los pedidos que la empresa debe de elaborar cada semana de los diferentes rollos de mangueras, para satisfacer su demanda. Debido a esto, se han generado altos niveles de inventarios en ciertos productos, elevando sus costos, y escasez de otros.

En este proyecto de investigación se emplea la Lógica Difusa para desarrollar un modelo de pronósticos que considere los factores que influyen en el comportamiento que se presentará en la demanda de sus productos.

Modelo de pronóstico

Para el desarrollo del modelo se realizaron las siguientes cuatro actividades:

1) **Análisis de involucrados.** Para la determinación de los factores que afectan a la demanda se realizaron entrevistas al personal administrativo de la empresa, gerente y contador, también se entrevistaron a todos los empleados involucrados en el proceso de producción. Además, se realizaron encuestas a los clientes de la empresa Plásticos San Antonio, para conocer cuáles son los factores que ellos consideran afectan la demanda del poliducto y electroducto.

2) **Análisis de la demanda histórica.** Se realizó un análisis del historial de producción de todos los productos que se elaboran en la empresa de los años 1999, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008.

3) **Identificación de las variables.** Con el análisis de las entrevistas, encuestas y el historial de producción se obtuvo una lista de factores que afectan a la demanda del poliducto y electroducto, estos factores son: Temporada, posicionamiento de la empresa, competencia, precio, situación económica, calidad, inflación, agricultura y cultura del uso del producto. Posteriormente, y para determinar cuales factores influyen directamente en la demanda del producto se realizó un análisis de los 9 factores antes mencionados, volviendo a entrevistar a los trabajadores de la empresa, reuniones con el gerente y encargado, y se entrevistaron a algunos clientes. Además, se tomaron en cuenta los historiales de siembra agrícola de riego y los de lluvia, ambos de aquellos municipios que cuentan con establecimientos que son clientes de la empresa MP Plásticos San Antonio. Después de este análisis se redujeron los factores que afectan la demanda a tres variables, las cuales se describen a continuación.

Temporada. Esta variable se divide en 3 periodos (A, B y C), que dependen de la temporada de lluvias. El periodo A corresponde a los meses de estiaje (Diciembre a Mayo), donde las ventas del producto alcanzan su mayor magnitud, a esta se le considera la temporada alta del año. El periodo B corresponde a los meses de lluvia moderada (Junio y Julio) donde las ventas del producto empiezan a bajar, a esta se le considera la temporada regular. Por último el periodo C abarca los meses de lluvias intensas (Agosto a Noviembre) donde se registran las menores ventas, a esta se le considera la temporada baja. Estos meses se definieron en función a los datos recabados y son aproximados, ya que dependen completamente de la temporada de lluvias y esta puede adelantarse o atrasarse modificando así los meses de los periodos.

Percepción. Esta variable se refiere a la imagen que tienen los clientes acerca de la empresa y el producto. Dentro de esta variable se encuentra lo que es la popularidad que tiene la empresa en la región, la calidad con la que cuenta el producto que ofrece y el servicio que éste presta a sus clientes.

Competencia. Esta variable abarca lo que son aquellas empresas que ofrecen los mismos productos para la misma región geográfica, no siendo necesario que los competidores estén situados dentro de ésta. Otro factor que se encuentra inmerso en esta variable sería la relación que existe entre el precio más bajo de la competencia y el precio de Plásticos San Antonio, ya que este influye en la decisión de compra del cliente. En esta variable se incluyen también el factor agricultura y el factor construcción.

Agricultura. El factor agricultura se refiere a los índices de crecimiento de la actividad agrícola, ya que tiene una estrecha relación con la demanda del producto, siendo considerado el principal consumidor. También dentro de esta variable está inmersa la cultura de uso del producto, la cual se refiere al trato que se le dé al poliducto, del cual dependerá el tiempo de vida de la manguera.

Construcción. Esta variable presenta lo que es el índice de crecimiento de la construcción en la región y sus alrededores.

4) **Desarrollo del modelo de pronóstico.**

El modelo está formado por cinco elementos principales, como son: variables lingüísticas, proceso de difusificación, base de reglas difusas, mecanismo de inferencia y proceso de desdifusificación. Los cuales son descritos en los párrafos siguientes.

Variables Lingüísticas. Del análisis mencionado en el paso anterior se identificaron tres variables que influyen en el comportamiento de la demanda, los cuales se definirán en el modelo a través de variables lingüísticas, es decir, el modelo está formado por tres variables lingüísticas de entrada (temporada, percepción y competencia) y una de salida (pronóstico). A continuación son descritas estas variables.

Temporada. La variable temporada se refiere al comportamiento de la demanda debido al mes en el que se encuentra la semana analizada y al nivel de lluvias esperadas. Estos 3 periodos (clasificado en el paso 3 como periodos A, B o C) se relacionan con 3 conjuntos difusos, como son: Temporada Baja,

Temporada Media y Temporada Alta, como se muestra en la figura 1. El valor de la variable Temporada se obtiene a través de la ecuación 1.

$$X = \left[\frac{5 + P}{5} \right] \quad (1)$$

Donde: P está en función al tipo de periodo, es decir, si la semana analizada se encuentra en el periodo A se le asignará un valor de 10, si se encuentra en el periodo B el valor será de 5 y si se ubica en el periodo C su valor será de 0. Para definir el valor de P también se debe tomar en cuenta el nivel de lluvias esperadas, por ejemplo, si la semana analizada se encuentra en el mes de diciembre (periodo A), pero se pronostica que un fenómeno meteorológico provocará lluvias durante algunos días el valor asignado a P será menor de 10, dependiendo de cuantos días de lluvia se esperen y la intensidad de estas.

Percepción. La variable percepción está relacionada con la opinión que tienen los clientes acerca de la empresa y se mide con los factores popularidad, calidad y servicio. También se toma en cuenta en esta variable el índice de crecimiento de la agricultura por riego y la construcción. Esta variable cuenta con tres conjuntos que son: Percepción Baja, Percepción Media, Percepción Alta (ver figura 1). Su valor se calcula a través de la ecuación 2.

$$X = \left[\frac{3 + (2)(PCS)}{9} \right] + C \quad (2)$$

Donde: PCS se obtiene de la suma algebraica de los factores popularidad, calidad y servicio, los cuales se obtienen a través de encuestas a los clientes; para cada factor se le asigna una calificación de 1 a 10, siendo el 10 el valor más alto y 1 el más bajo. El valor de C se refiere al índice de crecimiento regional de la actividad agrícola basada en riego o al índice de crecimiento de la construcción de la región, según sea el producto analizado, poliducto o electroducto.

Competencia. Esta variable representa a las empresas que ofrecen los mismos productos para la misma área geográfica, no siendo necesario que los competidores pertenezcan a ésta. Otro factor que se encuentra inmerso en esta variable sería la relación que existe entre el precio más bajo de la competencia y el precio de Plásticos San Antonio, ya que este influye en la decisión de compra del cliente. Como se presenta en la figura 1, la variable lingüística Competencia está formada por tres conjuntos difusos, que son: Competencia Baja, Competencia Media y Competencia Alta. Esta variable se determina a través de la ecuación 3.

$$X = (5)(PDP) + CC \quad (3)$$

Donde: CC corresponde a la cantidad de competidores, siendo actualmente el número máximo de 5. PDP se refiere a la proporción de la diferencia del precio que maneja la empresa MP Plásticos San Antonio en comparación al precio más bajo de la competencia, debido a que esto es un factor importante para que un cliente elija su proveedor, el valor de esta proporción se obtiene mediante la ecuación 4.

$$PDP = \left[\frac{PSA - PC}{PC} \right] \quad (4)$$

Donde: PSA representa el precio asignado por MP Plásticos San Antonio y PC el precio más bajo de la competencia.

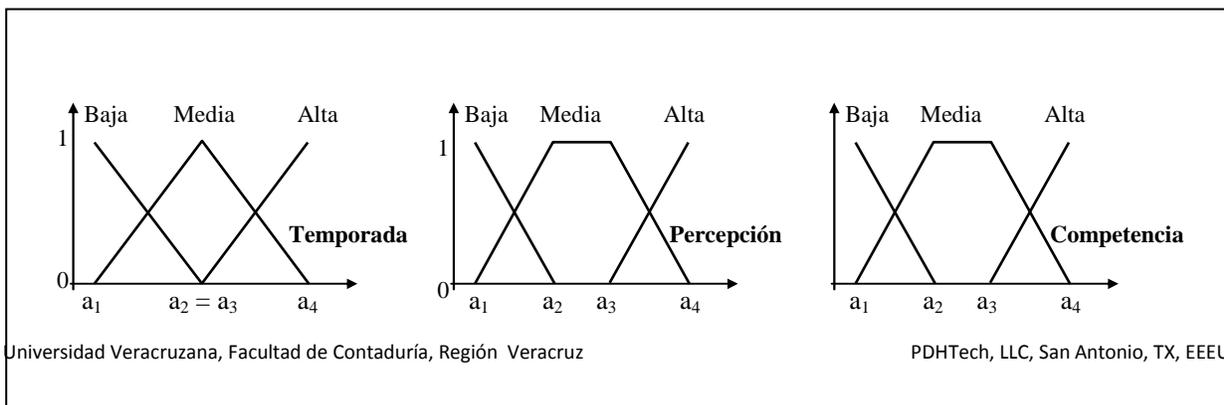


Figura 1. Variables lingüísticas de entrada

Variable de salida. La variable de salida se refiere al tamaño de la demanda para el periodo que se está analizando, lo que se puede interpretar como la cantidad de rollos que se deben producir en una semana de uno de los tipos de manguera que maneja la empresa. La variable de salida se compone de cinco conjuntos difusos: Producción Muy Pequeña, Producción Pequeña, Producción Media, Producción Alta y Producción Muy Alta. Debido a que los requerimientos de cada producto que ofrece la empresa son diferentes la variable de salida será diferente para cada producto así como también los valores que delimiten a cada conjunto difuso correspondiente. En la figura 2 se muestra esta variable y en el cuadro 1 se presentan sus valores, para el electroducto de ½”.

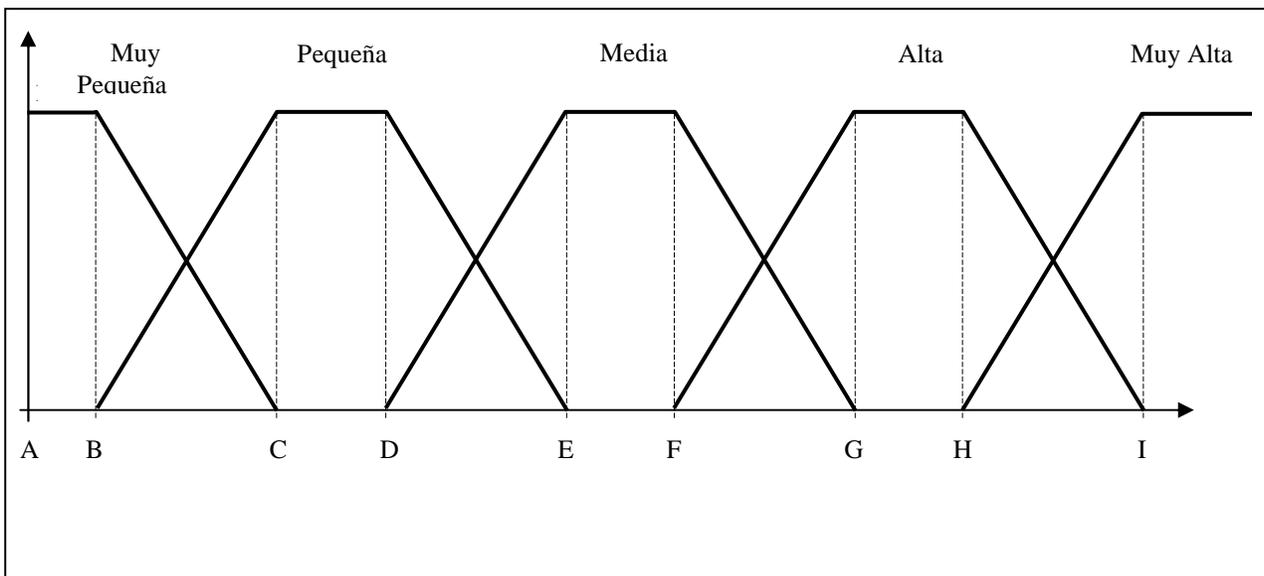


Figura 2. Variable lingüística de salida

Conjunto Difuso	Producción
Producción Muy Pequeña	0 a 10
Producción Pequeña	20 a 50
Producción Media	70 a 130
Producción Alta	170 a 260
Producción Muy Alta	300 ó más

Cuadro 1. Valores de la variable de salida del electroducto de ½”

Proceso de Difusificación. Este proceso consiste en determinar los grados de pertenencia de los conjuntos difusos de cada variable lingüística de entrada, para esto se evalúan los valores asignados a las variables lingüísticas de entrada a través de las funciones de pertenencia. En las ecuaciones 5, 6 y 7 se presentan la generalización de las funciones de pertenencia para las variables lingüísticas de entrada.

$$\mu_{BAJA}(X) = \begin{cases} 1 & ; X \leq a_1 \\ 1 - \frac{X - a_1}{a_2 - a_1} & ; a_1 < X < a_2 \\ 0 & ; a_2 \leq X \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{MEDIA}(X) = \begin{cases} 0 & ; X \leq a_1 \\ 1 - \frac{a_2 - X}{a_2 - a_1} & ; a_1 < X < a_2 \\ 1 & ; a_2 \leq X \leq a_3 \\ 1 - \frac{X - a_3}{a_4 - a_3} & ; a_3 < X < a_4 \\ 0 & ; a_4 \leq X \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{ALTA}(X) = \begin{cases} 0 & ; X \leq a_3 \\ 1 - \frac{a_4 - X}{a_4 - a_3} & ; a_3 < X < a_4 \\ 1 & ; a_4 \leq X \end{cases} \quad (7)$$

Base de Reglas Difusas. La base de reglas difusas es donde se plasma la experiencia de los expertos, las reglas son las combinaciones que se obtienen cuando las variables toman diferentes valores y resulta un valor de salida correspondiente a dicha combinación. Las reglas difusas fueron elaboradas con ayuda del contador de la empresa quien es el que se encarga de tomar los pedidos que se realizan a la empresa por lo que cuenta con una gran experiencia. En el cuadro 2 se presenta la tabla de la base de reglas difusas.

		Temporada								
		Alta			Media			Baja		
		Percepción			Percepción			Percepción		
		Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Competencia	Alta	Alta	Alta	Alta	Pequeña	Pequeña	Pequeña	Muy Pequeña	Muy Pequeña	Muy Pequeña
	Media	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Media	Muy Pequeña	Muy Pequeña	Muy Pequeña
	Baja	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Media	Media	Media	Pequeña	Pequeña	Pequeña

Cuadro 2. Base de reglas difusas

Mecanismo de Inferencia. Este proceso involucra a las funciones de pertenencia, a los valores de entrada y a la base de reglas difusas para determinar el conjunto de reglas que se activa. El valor difuso de la regla activada se obtiene a través de la ecuación 7, utilizando el criterio Máximo – Mínimo, con el que se analiza la relación entre las tres variables de entrada.

$$\mu_{A \cap B \cap C}(x_1, x_2, x_3) = \min_x [\mu_A(x_1), \mu_B(x_2), \mu_C(x_3)] = \wedge [\mu_A(x_1), \mu_B(x_2), \mu_C(x_3)] \quad (8)$$

Donde: $\mu_{A \cap B \cap C}(x_1, x_2, x_3)$ representa el grado de pertenencia de la regla activada, A es un conjunto difuso de la primer variable lingüística, B es un conjunto difuso de la segunda y C es un conjunto difuso de la tercera, además, $\mu_A(x_1)$, $\mu_B(x_2)$ y $\mu_C(x_3)$ representan los grados de pertenencia a estos conjuntos difusos.

En la base de reglas difusas existen diversas combinaciones con la misma conclusión, conjunto difuso de la variable de salida. Por lo que se hace necesario aplicar la ecuación 9 para conocer el grado de pertenencia de cada uno de los conjuntos difusos de la variable de salida.

$$\mu_{\text{Conclusión}}(\text{Variable de salida}) = \vee_x (\mu_A(x_1) \wedge \mu_B(x_2) \wedge \mu_C(x_3)) \quad (9)$$

Donde: $\mu_{\text{Conclusión}}(\text{Variable de salida})$ representa el grado de pertenencia al conjunto difuso de la variable de salida, \vee representa el operador máximo y \wedge el operador mínimo.

Proceso de Desdifusificación. La desdifusificación consiste en transformar los valores difusos de la variable de salida (resultado obtenido a través del mecanismo de inferencia), en valores que tengan un significado práctico (cantidad de rollos que se deben producir en una semana de uno de los tipos de manguera que maneja la empresa). Para la desdifusificación se utilizará el método del centro geométrico, también llamado centroide o primer momento. Este método consiste en los siguientes cuatro pasos: 1) Descomponer el área formada por los valores difusos de los conjuntos que forman la variable de salida en figuras regulares, 2) Calcular la superficie de cada figura obtenida en el paso 1, 3) Determinar el centroide de cada figura, y 4) Calcular el centroide total.

Para que los resultados del modelo de pronóstico propuesto converjan en tiempo real se desarrollaron hojas de cálculo implementando todo lo planteado en párrafos anteriores.

III. COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

En este trabajo de investigación se desarrolla un modelo de pronóstico de la cantidad de rollos que se deben producir en una semana de uno de los tipos de manguera que maneja la empresa MP Plásticos San Antonio. Los resultados de la investigación incluyen un análisis de involucrados (empleados y clientes de la empresa), análisis estadístico de la producción histórica y de los historiales de siembra agrícola de riego y los de lluvia, y el desarrollo del modelo de pronóstico, utilizando Lógica Difusa, y de hojas de cálculo para la implementación del modelo.

Conclusiones

Los resultados demuestran que el uso de tecnologías de inteligencia artificial, como Lógica Difusa, coadyuva a desarrollar modelos de pronósticos más asertivos, considerando el impacto de diversas variables que normalmente los modelos estadísticos tradicionales no toman en cuenta.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en realizar una validación y mejora del modelo propuesto, que incluya un análisis de otros factores, además del desarrollo de un sistema informático que permita los cálculos de manera más interactiva.

IV. REFERENCIAS

Bellman, R. and Zadeh, L. A. "Decision-Making in a fuzzy environment". Management Science. Vol. 17, No. 4. 141–164. 1970.

- Chow M-Y. "Methodologies of using neural network and fuzzy logic technologies for motor incipient fault detection". World Scientific Publishing Company. 1997.
- Gaither, N. y Frazier G. "Administración de producción y operaciones". 4ª Edición. México: International Thomson Editores. 2000.
- Heshmaty, B. y Kandel A. "Fuzzy linear regression and its applications to forecasting in uncertain environment". Fuzzy Sets and Systems, Vol. 15, No. 2. 159-191, 1985.
- Krajewski, L.J. y Ritzman L.P. "Administración de Operaciones". 5a Edición. México: Prentice-Hall. 2000.
- Mahabir, C., Hicks F.E. y Fayek A.R. "Application of fuzzy logic to forecast seasonal runoff. Hydrological Processes", Vol. 17, No. 18. 3749-3762, 2003.
- Nguyen H. T. y Walker E. A. "A first course in Fuzzy Logic". Chapman & Hall/CRC. USA. 2000.
- Rinks D. B. "A heuristic approach to aggregate production scheduling using linguistic variables". Applied Systems and Cybernetics. Vol. VI. 1981.
- Sheng-Tun, L. y Yi-Chung C. "Deterministic fuzzy time series model for forecasting enrollments". Computers & Mathematics with Applications. Vol. 53, No. 12. 1904 – 1920, 2007.

Una propuesta basada en técnicas de IA para seleccionar proveedores en una exportadora de cítricos

Gregorio Fernández Lambert¹, Alberto A. Aguilar Lasserre², Blanca Olivia Ixmatlahua Rivera³, Nayeli Montalvo Romero⁴

Resumen—El campo cítrico mexicano en lo general se caracteriza por una baja aplicación tecnológica y de buenas prácticas agrícolas, lo que ha impactado en una pobre rentabilidad de los huertos, así como la calidad del fruto provocando una dificultad en la selección de productores en la industria cítrica.

Este trabajo se sustenta en un análisis bibliográfico relacionado con la selección de proveedores, y establece una propuesta basada en técnicas de inteligencia artificial para atender dicha problemática a fin de sincronizar la cadena de suministros en una empacadora-exportadora de limón persa en el Estado de Veracruz. Se presentan tres enfoques para la solución del problema basado en: experiencia y conocimiento (LD), datos históricos (RNA) y modelo matemático (AG).

Palabras claves— Selección de proveedor (SP). Cadena de suministros (CS). Inteligencia Artificial (IA). Red Neuronal Artificial (RNA). Lógica Difusa (LD). Algoritmo Genético (AG).

I. INTRODUCCIÓN

Aun cuando el renglón cítrico ha ganado en forma dinámica participación en el sector agrícola total en el Estado de Veracruz, no puede negarse que dicho sector enfrenta problemáticas tan diversas en su cadena de suministro como lo es la del eslabón primario relacionada con la producción en huerto, atribuible a situaciones como las que se reporta en el FODA del Consejo Estatal Cítrico, A.C. de Veracruz. La problemática productiva relacionada con el limón persa en los huertos explicada en Schwentesius y Gómez (2005), y la investigación realizada por los autores en los meses de junio y julio del 2008, con empacadores-exportadores líderes de limón persa en Martínez de la Torre, Tuxpan, Álamo, y Cuitlahuac, en el Estado de Veracruz, concluyen dos problemáticas particulares. La primera relacionada con el rendimiento de producción y la de la calidad del fruto con fines de exportación, y la segunda está relacionada particularmente con la dificultad que tiene la industria empacadora de limón persa, para identificar y seleccionar productores-proveedores confiables que aseguren un abasto y calidad de fruto en atención a la demanda de sus mercados.

Particularmente en la CS de productos frescos se tienen factores adicionales que aumentan la incertidumbre de la oferta de los productos, como lo es la estacionalidad de la producción y el factor perecedero, que aunado a la demanda incierta, y la dificultad de éstas para encontrar productores-proveedores que satisfagan sus requerimientos en volumen de fruta y calidad de la misma en el momento que así son requeridos, hace que la cadena agroalimentaria sea compleja en predecir y controlar.

Revisión bibliográfica

En el proceso de gestión de la cadena de suministros las organizaciones permanentemente implementan diversas estrategias para lograr una mayor ventaja competitiva en mercados altamente demandantes; una de ellas es la selección de sus proveedores, la cual se presenta como un problema de decisión multicriterio que puede incluir al mismo tiempo tanto factores tangibles como intangibles. La

¹ Gregorio Fernández Lambert es estudiante del Doctorado de Logística y Dirección de la Cadena de Suministro en la Universidad Popular Autónoma de Puebla. ferlam62@hotmail.com. (autor corresponsal).

² Alberto Alfonso Aguilar Lasserre es profesor investigador del Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México. aaguilar@itorizaba.edu.mx.

³ Blanca Olivia Ixmatlahua Rivera es estudiante de Maestría de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba. blanca_olirix12@hotmail.com.

⁴ Nayeli Montalvo Romero es estudiante de la Maestría de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba. n_montalvo85@hotmail.com.

importancia de la selección de proveedores para una empresa radica en la relación que debe guardar cada eslabón como socios-miembros de un ordenamiento de unidades productivas para asegurar la fluidez de los materiales a partir de una sincronización de sus operaciones, en donde, asegurar la calidad de entradas, es un buen principio para la gestión de la calidad de las salidas.

Los trabajos realizados en torno a la selección y evaluación de proveedores han sido objeto de estudio desde los años 60s. [Sung y Krishnan \(2008\)](#) reportan 32 criterios comúnmente usados para la selección de proveedores, y por otra parte [Saman y Jafar \(2009\)](#) documentan cuando menos 20 técnicas también para la selección de proveedores. En este sentido, los avances reportados en los trabajos de los últimos diez años en el área de selección de proveedores en empresas manufactureras, y de servicios, está marcado por un fuerte antecedente de trabajos que hacen uso de modelos matemáticos como apoyo a la toma de decisión para la selección de proveedores, seguido por el uso de sistemas expertos combinados con diversas herramientas de la ingeniería que han ayudado a identificar patrones de comportamiento de las variables y a disminuir la vaguedad de las mismas de los sistemas en estudio. [Ghodsypour y O'Brien \(2001\)](#) desarrollan un enfoque de programación lineal entera mixto para minimizar el costo total de la logística, que considera criterios como el precio, el almacenamiento, los costos por ordenar y de transporte en la selección de proveedores. Sin embargo, debido a la vaguedad de la información relacionada con los parámetros, estos modelos deterministas tienden a alejarse de un escenario real para obtener una solución efectiva para el problema de selección de proveedores. Este aspecto orientó la necesidad de manejar información imprecisa y la incertidumbre en los modelos de selección de proveedor. [Erol y Ferrel \(2003\)](#) propusieron una metodología que ayudó a resolver problemas con datos cualitativos y cuantitativos en un modelo de programación matemática multiobjetivo. En su primer método, la información cualitativa se convierte en formato cuantitativo utilizando la función de despliegue difusa, y luego combinaron los datos con otros datos cuantitativos para parametrizar un modelo multiobjetivo. En su trabajo discuten el problema de no seleccionar al proveedor con capacidad ilimitada, y para ello desarrollan un modelo que resuelve el problema con la definición de una restricción de capacidad. [A., et al. \(2006\)](#) proponen un modelo lineal multiobjetivo difuso para asignar ponderaciones diferentes a los distintos criterios. Este modelo de aproximación permite a los directores de compras no sólo considerar la imprecisión de la información, sino también tomar en cuenta las limitaciones del comprador y proveedor para calcular la cantidad de orden a asignar a cada proveedor. Para la asignación de pesos a los criterios, primeramente aplican una técnica asimétrica difusa para entonces asignar diferentes pesos a diferentes criterios. [Hakan, 2006](#), propone un modelo multiobjetivo difuso, uno que minimiza el costo total, un segundo que maximiza la calidad total, y un tercero a fin de minimizar las entregas tardías, sujeto a dos restricciones difusas de tipo triangular de demanda, y capacidad, así como una tercera restricción de tipo presupuestario. Finalmente hace una comparación entre dos métodos de solución. [Aguzezoul y Ladet, 2007](#), presentan un enfoque de programación no-lineal multiobjetivo, para la asignación de la cantidad de orden entre proveedores teniendo en cuenta el costo de transporte. El modelo tiene como función objetivo minimizar el costo total por actividades de compras, y el tiempo de respuesta de los proveedores, sujeto a restricciones relacionadas con la capacidad de producción de los proveedores, tiempo de respuesta establecido por el comprador, y restricciones de colocación de pedido entre un grupo de proveedores en donde sólo se le asigna un pedido a un proveedor.

Si bien los trabajos reportados en la literatura han sido abundantes y demuestran el uso de una gran diversidad de enfoques en el uso de herramientas y técnicas con incorporación de múltiples dimensiones, factores y criterios de decisión en los procesos de evaluación de proveedores; básicamente, la tendencia en el periodo de revisión de esta investigación, resalta la evolución de dos enfoques para la selección de proveedor. En el primero se hace uso de técnicas de la inteligencia artificial como lo es la LD y las RNA. La LD para manejar conceptos vagos e imprecisos de criterios “tradicionales” como lo son el precio, la calidad, el presupuesto, costo, inventario, flexibilidad, calidad del servicio, políticas de costos de transportación, entre otros “no tradicionales” a saber, factores

medioambientales, contractuales, soporte técnico, por mencionar algunos. Mientras que las RNA al ser inherentemente no-lineales, han sido utilizadas para procesos que comúnmente carecen de estructura y organización, y toman su información de entrada a partir de datos históricos. El segundo enfoque trata sobre el diseño y uso de modelos matemáticos en los que se inserta la incertidumbre para ser modelada con lógica difusa, para después optimizar preferencias multiobjetivo del decisor sujetas a parámetros y criterios difusos para la selección del proveedor.

La revisión bibliográfica deja ver que la Lógica Difusa es actualmente una de las herramientas de la inteligencia artificial de más popularidad para evaluar escenarios difusos, los cuales envuelven decisiones que balancean un número de criterios en conflicto y opiniones de expertos a través de la modelación de la incertidumbre por medio de variables lingüísticas de criterios “tradicionales” como los anteriormente mencionados u otros relacionados con el desarrollo sustentable y conservación ambiental en las llamadas cadenas de suministros verdes. Por otra parte, se ha encontrado el uso de las RNA para evaluar el desempeño de proveedores en diversos escenarios considerando como variables de entrada a la red al “precio”, “calidad del producto”, y con salida del proveedor conveniente (Siyang, et al., 1997). K.L., et al., 2003 presenta el uso de una RNA como una herramienta combinada con Razonamiento Basado en Casos e inmersa en un sistema inteligente de gestión de proveedor de productos de consumo a fin de minimizar el tiempo de búsqueda del mejor proveedor bajo once criterios de decisión como lo es la “confiabilidad de cumplimiento de entregas a tiempo”, “confiabilidad de entrega de cantidad del lote solicitado”, “innovación de productos”, “cultura de calidad”, “velocidad de respuesta a cambios”, “precios”, entre otros, para definir cinco salidas que asignan calificaciones al proveedor. Dilay y Demet, 2008, realizan un estudio interesante en el que exploran la integración de la RNA con el análisis de datos envolvente (DEA) para la evaluación de proveedores en virtud de la información incompleta de los criterios de evaluación de calidad, precio, servicio, costo, distribución. Un ejemplo ilustrativo aplicado a un fabricante de automóviles demuestra que el sistema se comporta mejor que el DEA, sin embargo deja abierta la investigación por la vaguedad de los datos desconocidos relacionado con los criterios de selección. Chun y Ou-Yang, 2009, utilizan el enfoque de RNA como modelo predictivo del mejor precio para mejorar la negociación y reducir los tiempos de contratación para la selección de proveedores. Desheng, 2009, integra la RNA a un árbol de decisión con el propósito de mejorar la decisión de entrada a ella. El modelo consta de dos módulos. El Módulo 1 se aplica la DEA y se clasifican a los proveedores en grupos eficientes e ineficientes basadas en las calificaciones de eficiencia resultante. El Módulo 2 utiliza el desempeño de las empresas relacionadas con los datos para formar un árbol de decisión, para posteriormente mejorar la solución mediante la RNA.

Si bien los sistemas expertos se han identificado como una herramienta poderosa y con un gran potencial de aplicación en empresas del sector manufacturero y/ o de servicios, en el contexto agrícola, la bibliografía no reporta el uso de éstos con enfoques de evaluación de proveedores en la cadena de suministro agroindustrial, sino más bien como herramienta de modelación de la producción frutícola (Méndez y Villegas, 2005) en la que se recomiendan el uso de la caja de herramientas de la Lógica Difusa de Matlab 7.0® para aplicar los conjuntos y la LD como herramientas de estimación del rendimiento esperado en la producción de cítricos considerando variables hidroclimatológicas y topográficas, o como lo reportan Prasad y Vinaya (2006) en el que particularmente se atienden problemas específicos como lo son el diagnóstico y tratamientos de enfermedades, diseño de calendarios de riego y programas de fertilización.

El resultado de esta revisión bibliográfica nos ha impulsado a proponer el desarrollo de la presente investigación bajo un esquema en el que se utilicen la LD, RNA, y un modelo matemático optimizado por un AG para la selección del productor, y a partir de sus resultados, hacer un comparativo de las tres técnicas a fin de establecer conclusiones sobre ellas. Consideramos importante esta propuesta por dos aspectos principales. El primero, dado por el hecho de atender una problemática de interés a un grupo de empresarios exportadores de limón persa para la sincronización de su cadena productiva; y el segundo el estudiar desde el enfoque de la cadena de suministros mediante las técnicas antes mencionadas a las variables que impactan en la producción y rendimiento del huerto así como la calidad del fruto, las cuales no han sido consideradas como criterios de evaluación para la selección del productor-proveedor del fruto en una empresa cítrica. La característica innovadora en este trabajo está en el propósito de atender un caso muy particular, en el que se manejan no sólo criterios tradicionales en la selección de proveedores sino criterios totalmente específicos relacionados con la complejidad no sólo de la interacción de las

variables de producción del huerto, sino la relación que éstas tienen con las prácticas agrícolas de la producción de limón persa.

I. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Criterios de evaluación de productores-proveedores

Los criterios definidos para la selección del productor-proveedor son aquellas variables dadas por la naturaleza del cultivo y prácticas agrícolas para la producción de limón persa, a las que se incluyen los eventos inciertos como lo son los fenómenos meteorológicos y condiciones hidroclimatólogicas. Para apreciar el cómo estas variables se encuentran inmersas en la producción de limón persa y calidad del fruto, se ha diseñado un diagrama causal presentado en la Figura 1, en cuyo propósito se trata de presentar el contexto de interacción de dichas variables, en el que podrá apreciarse la fuerte afinidad que se tiene entre ellas, lo que hace altamente complejo al sistema. Como variables de producción en huerto, éstas se han categorizado en aquellas que tienen que ver como las propias correspondientes a sus ventajas comparativas, como lo son: suelo, y altura sobre el nivel del mar; las operativas: patrón de huerto, edad de huerto, densidad de cultivo; y las que competen a las prácticas agrícolas: Podas, forma de cultivo, aplicaciones foliares, y aplicación de agroquímicos.

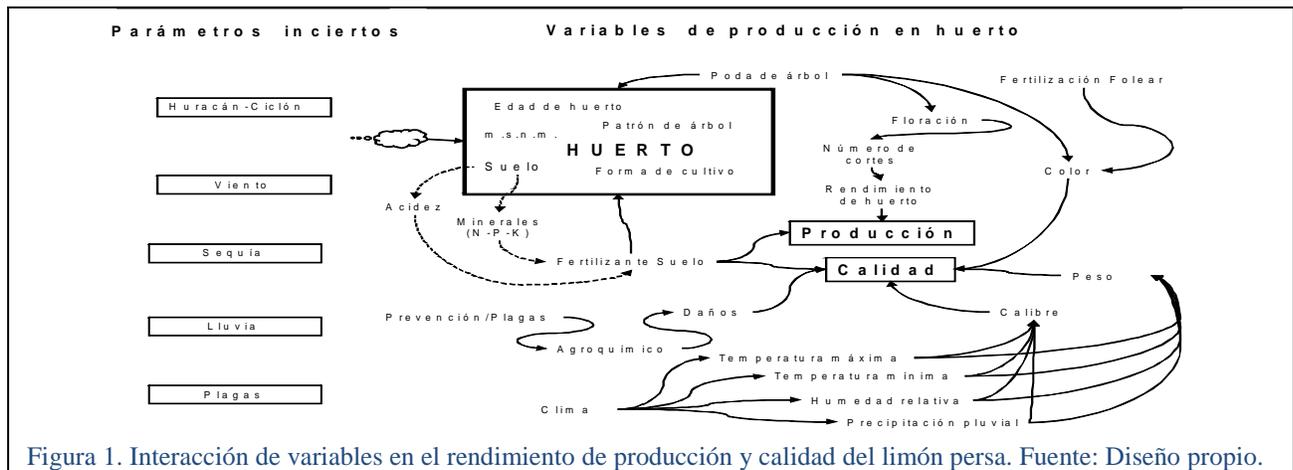


Figura 1. Interacción de variables en el rendimiento de producción y calidad del limón persa. Fuente: Diseño propio.

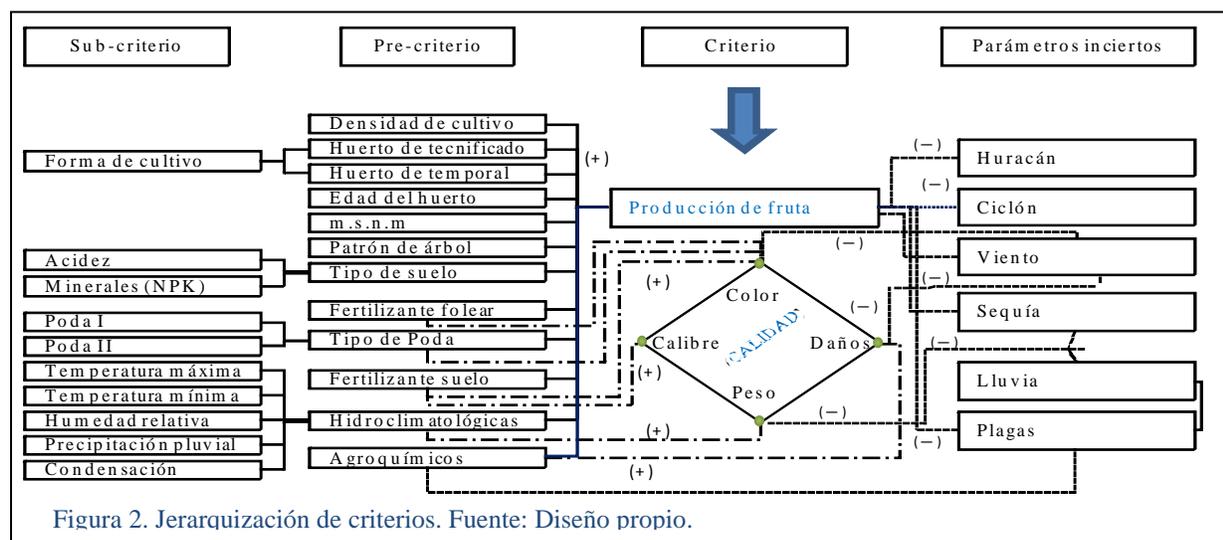


Figura 2. Jerarquización de criterios. Fuente: Diseño propio.

Como hemos mencionado, a ellas quedan inmersas las que tienen que ver con situaciones no controlables por el productor a las que hemos identificado como “patrones inciertos” y que están asociadas con huracanes, ciclones,

sequías, viento (suradas), lluvia, plagas, y las condiciones hidroclimatológicas, que si bien es cierto, aun cuando puede tenerse información anticipada de ellas a su presencia, no se pueden lanzar acciones preventivas que mitiguen su efecto sobre la producción y rendimiento de calidad del fruto en huerto. De aquí la importancia de modelar su comportamiento. Para este estudio hemos dividido a las variables en dos jerarquías. La primera corresponde a los criterios de rendimiento de producción del huerto a las que hemos identificado con línea sólida en la Figura 2 con impacto positivo (+), y la segunda jerarquía a la calidad del fruto producido, que hemos identificado con línea consecutiva con impacto positivo (+). Ambos criterios hacen referencia a variables que tienen que ver con las buenas prácticas agrícolas las cuales deben prevalecer como parte del mantenimiento del huerto; y por otra parte a los parámetros inciertos, a los que sólo se les pueda modelar su comportamiento, y que hemos identificado en la misma Figura 2 con línea punteada con impacto negativo (—). Podrá también observarse en esta Figura 2 que los criterios se desglosan en subcriterios y pre-criterios de evaluación más específicos, asociados a los criterios de jerarquía superior: rendimiento de producción, y calidad del fruto.

Descripción de la propuesta

Este trabajo plantea un enfoque de aplicación de tres técnicas de la IA para la selección de productores-proveedores en una empresa exportadora de limón persa en el Estado de Veracruz. Para su desarrollo se han considerado criterios de selección relacionados con la capacidad que tiene un huerto para asegurar el abasto de la fruta, así como su calidad misma en atención a las necesidades de los mercados de exportación. Para la selección del productor-proveedor del cítrico, se ha puesto especial cuidado en la definición de criterios, los cuales han sido definidos tanto por exportadores como expertos del huerto e investigadores en la producción del cítrico a partir de las prácticas agrícolas para la producción del limón persa. La Figura 3 describe la arquitectura metodológica para la selección del proveedor-productor para una exportadora de de limón persa. La arquitectura adopta tres técnicas de la IA para determinar el impacto de la selección de proveedores en la cadena de suministro a partir de criterios de selección no tradicionales del contexto de la producción de limón persa y relacionado con las buenas prácticas agrícolas. Se plantea el uso de una Red Neuronal Artificial (RNA) para la predicción del rendimiento de huerto y calidad de fruto a partir de datos históricos sobre la trazabilidad de cultivo en huerto. Un modelo de Lógica Difusa (LD) que considera la evaluación del rendimiento del huerto y la calidad del fruto a partir de la experiencia y conocimiento del experto. Un Algoritmo Genético (AG) que optimiza el resultado de un modelo matemático multicriterio que maximice la producción en huerto, y maximice la calidad del fruto.

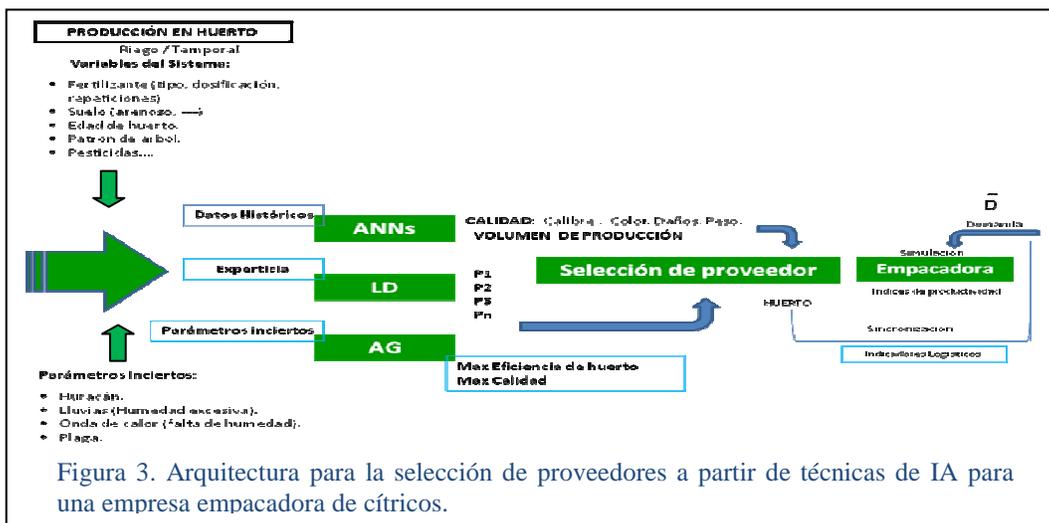




Figura 3. Arquitectura metodológica para la selección de proveedores a partir de técnicas de IA para una empresa empacadora de cítricos. Fuente: Diseño propio.

La RNA se plantea con una arquitectura definida como lo muestra la Figura 4.a, que se explica como un sistema neuronal de una capa oculta con salidas que hacen referencia al rendimiento de producción expresado en toneladas, y a las características de calidad expresadas en los atributos de color, calibre, peso, y daños. La RNA será alimentada por datos históricos de cuatro huertos de limón persa correspondiente a los años del 2006 a 2009. Para el diseño de modelo de LD presentado en la Figura 4.b, se acudiría con personal experto en la producción del cítrico y de ellos se obtendrá la experticia a fin de ponderar las variables lingüísticas definidas a partir de los parámetros inciertos y pre-criterios de decisión establecidos anteriormente. El modelo matemático representado por la Figura 4.c, será diseñado como un modelo difuso multiobjetivo, en donde se maximiza el rendimiento, y maximiza la calidad del fruto de acuerdo al mercado de exportación de interés, la cual podrá expresarse bajo los criterios de aceptación de color, calibre, peso, y minimización de los daños, sujeto a restricciones relacionadas con los pre-criterios de beneficio al huerto. Para un mejor resultado, éste será optimizado con un algoritmo genético. Finalmente se propone una comparación interesante de las tres técnicas: el modelo de lógica difusa basado en la experticia de los citricultores y personas dedicadas a este dominio, la RNA sustentada en casos históricos, y el modelo matemático para optimizar parámetros inciertos. Para verificar el impacto de la selección de proveedores en la cadena de suministros del limón persa se propone la técnica de simulación y la definición de índices de productividad e indicadores logísticos para evaluar la eficacia de la cadena de suministros.

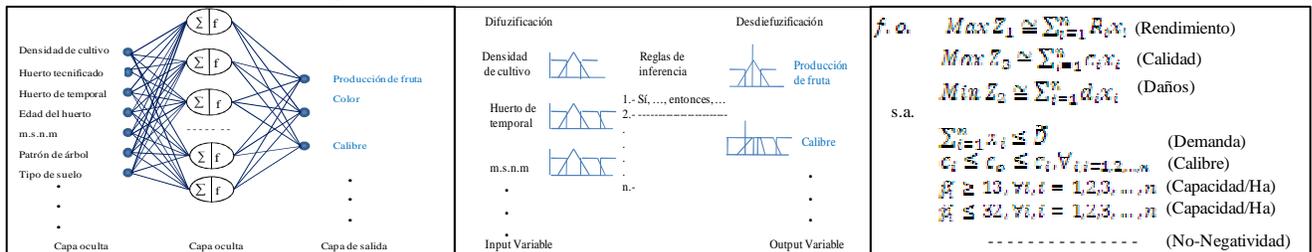


Figura 4. Técnicas de la Inteligencia Artificial: 4.a) RNA, 4.b) LD, 4.c) Modelo matemático.

II. COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

Los resultados actuales de la investigación han permitido contribuir con una importante revisión bibliográfica sobre diferentes enfoques de estudio para atender el problema de selección de proveedor. Se ha encontrado una abundancia de trabajos que atienden este problema en empresas del sector manufacturero y de servicios, haciendo uso de diferentes herramientas de la ingeniería, técnicas de la inteligencia artificial, y modelos matemáticos. Este caso no es así para el sector agrícola, que si bien se presentan investigaciones que han hecho uso de diversas técnicas que incluyen a las de la IA, entre ellas no se reportan trabajos que atiendan el problema de selección de proveedores en dicho sector.

Un caso particular es atendido en esta investigación para una empresa exportadora de limón persa en el Estado de Veracruz, y para ello se ha diseñado un modelo causal a partir de la información proporcionada por expertos y productores de este cítrico. En éste modelo se representan un conjunto de variables con el propósito de explicar la forma en cómo ellas están relacionadas para impactar en la producción de limón persa y su calidad de fruto. Para poner más en claro la explicación del modelo, se presenta también un esquema de jerarquización de dichas variables, mismas que son traducidas para propósito de esta investigación como los criterios de evaluación y selección del productor-proveedor. Para el desarrollo de esta propuesta diseñado una arquitectura metodológica en la que se describen los elementos de información de entrada a las tres técnicas de la IA aquí propuestas para la selección del productor-proveedor.

Conclusiones

Esta investigación propone un enfoque de evaluación de productores-proveedores de limón persa basado en Redes neuronales Artificiales, Lógica Difusa, y un modelo matemático optimizado por un Algoritmo Genético para resolver el problema de selección de proveedores para los exportadores de limón persa. La innovación de los resultados de este trabajo está en el enfoque utilizado para la selección de éstos al estar utilizando criterios de evaluación no tradicionales propios de las prácticas del cultivo para la producción de este cítrico. El objetivo relevante que se pretende lograr con la decisión que se tome sobre el o los proveedores más aptos para la empresa, es que la organización se aproxime a la sincronización de su cadena de suministros.

Recomendaciones

Como uno de las extensiones de este trabajo, es importante que la empacadora optimice el sistema de empaque, para finalmente sincronizar los esfuerzos a la red logística de distribución hasta el cliente final.

III. REFERENCIAS

- A. Amid, S.H. Ghodspour, C. O'Brien. "Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain", *International Journal Production Economics*, 104 (2006) 394–407.
- Aicha Aguezzoul y Pierre Ladet. "A nonlinear multiobjective approach for the supplier selection, integrating transportation policies", *Journal of Modeling in Management*, Vol. 2 No. 2, 2007, pp. 157-169.
- Chun Ching Lee, y C. Ou-Yang. "A neural networks approach for forecasting the supplier's bid prices in supplier selection negotiation process", *Expert Systems with Applications*, 36, 2961-2970.
- Desheng Wu. "Supplier selection: A hybrid model using DEA, decision tree and neural network", *Expert Systems with Applications*, 36 (2009) 9105–9112.
- Dilay Celebi, y Demet Bayraktar. "An integrated neural network and data envelopment analysis for supplier evaluation under incomplete information", *Expert Systems with Applications*, 35 (2008) 1698–1710.
- Hakan Kagnicioglu C., A fuzzy multiobjective programming approach for supplier selection in a supply chain, *The Business Review*, Cambridge, Vol. 6, Num. 1, 2006.
- Ismail Erol, y William G. Ferrell Jr. "A methodology for selection problems with multiple, conflicting objectives and both qualitative and quantitative criteria", *International Journal Production Economics*, 86 (2003), 187–199.
- K.L. Choya, W.B. Leea, y V. Lob. "Design of an intelligent supplier relationship management system: a hybrid case based neural network approach", *Expert Systems with Applications*, 24 (2003) 225–237.
- Méndez, Zulma C. y Paula A. Villegas. "Los Sistemas Difusos como Herramienta de Modelación de la Producción Frutícola", *Ponencia No. 1*, Día M A T L A B, Agosto 25 2005.

- Prasad, y A. Vinaya Babu. "A Study on Various Expert Systems in Agriculture", *Georgian Electronic Scientific Journal: Computer Science and Telecommunications*, 2006|No.4(11).
- Saman, Hassanzadeh Amin. y Jafar Razmi. "An integrated fuzzy model for supplier management: A case study of ISP selection and evaluation", *Expert Systems with Applications*, 36, 8639-8648, 2009.
- Schwentesi, Rita. y Manuel Ángel Gómez. "Limón Persa: Tendencias en el mercado mexicano", Ed. *CIESTAAM/UACH y Banco Mundial*, México, D.F. 2005, 158pp.
- S.H. Ghodspour, C. O'Brien, "The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint", *International Journal Production Economics*, 73 (2001) 15-27.
- Siyang Wei, Jinlong Zhang, y Zhicheng Li. "A Supplier-selecting Using a Neural Network", *International Conference on Intelligent Processing Systems*, Beijing, China, October 28-31, 1997.
- Sung Ho Ha, Ramayya Krishnan. "A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain", *Expert Systems with Applications*, 34 (2008) 1303-1311.

ANALISIS Y MEJORAMIENTO DE LOS ALMACENES DE UNA EMPRESA DE GRANOS APLICANDO SIMULACION Y SISTEMAS VISUALES

M.I.I Darío Fuentes Guevara¹, M.I.I Linda García Rodríguez², Dr. Luis Carlos Flores Ávila³

Resumen— El trabajo que se presenta se realizó en una productora de granos en la cual existen tres almacenes: mezclado de producto, materia prima y producto terminado, la situación que se presenta es la falta de espacios, equipos mal aprovechados, tiempos muertos en los trabajadores y problemas de trazabilidad de productos. Es por ello que se considera importante realizar un análisis mediante la técnica de Simulación para poder presentar alternativas de solución. Para ello se procedió a tomar datos de tiempos de almacenamiento, traslado, localización, entre otros y a desarrollar el modelo en un software especializado de simulación: PROMODEL. Aplicando el método científico, además de herramientas como la estadística, y los sistemas visuales se obtuvieron resultados que ayudaron a elegir aquella alternativa de solución que mejoraría en mayor grado el desempeño del sistema actual.

Palabras claves— Simulación, PROMODEL, trazabilidad, Sistemas Visuales.

Introducción

El tener un buen control de la ubicación de los elementos que se tienen en los almacenes de cualquier empresa, es de vital importancia ya que los almacenes son un pilar fundamental en cualquier empresa, determinar la buena distribución de materiales, espacios necesarios para el movimiento, almacenamiento, trabajadores y otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal. Este es un problema que no se puede evitar en cualquier empresa, no importando su giro. para poder llegar a tener un adecuado orden y manejo de dichas áreas y equipos es necesario implementar herramientas necesarias para poder controlar este problema.

Por consiguiente, para que los almacenes tengan un funcionamiento adecuado es de vital importancia optimizar el uso de los espacios físicos que deben utilizarse, para la realización de actividades buscando maximizar la eficiencia de ellos.

GRANOS SELECTOS DE ORIENTE, es una de las empresas industriales y comerciales de granos más importantes de México, es así que dicha empresa busca la perfección en todas sus áreas. Por ello es que se desea establecer mejoras en los almacenes con los que cuenta.

A través del método de observación en la empresa se logró definir como principales problemas los siguientes:

- Pérdida de tiempos en la ubicación de los productos dentro del almacén.
- Falta de espacios.
- Desorganización de los almacenes.
- Mal uso de los recursos.

¹ M.I.I Darío Fuentes Guevara postulado a doctorado dariof25@hotmail.com (autor corresponsal)

² M.I.I Linda García Rodríguez postulado a doctorado dotl25@hotmail.com

³ Dr. Luis Carlos Flores Avila es Profesor de Licenciatura, Maestría y Doctorado en Ingeniería Industrial y Maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Orizaba. Coordinador del Programa de Innovación y Calidad (PIC) y de la implantación de ISO 9000. Representante de la Dirección (RD) en el SGC del ITO. Asesor en sistemas de calidad del Grupo Industrial FEMSA. Gerente General de la empresa de productos químicos "Protéctor" lcflores@yahoo.com

Por lo que la empresa está sumamente interesada en que se resuelvan dichos problemas, ya que en estos tiempos, con el reto creciente de la globalización en los mercados y la evolución de la tecnología, las empresas están en busca de la mejora continua, por ello siempre piensan en hacer mas eficientes sus procesos y estar en la vanguardia en los avances tecnológicos.

I. MÉTODO

Descripción del Método

En primer lugar se describe el método que se empleó para el análisis de la situación actual y las soluciones a las áreas de oportunidad, para ello se utilizará el software de simulación Promodel, por medio de esta simulación se analizarán resultados y se tomarán las decisiones pertinentes para las problemáticas que se detectaron, se utilizará la metodología para implementar Sistemas Visuales, a través de esta sección se describirá cuales son los pasos que se seguirán. Para conocer el funcionamiento actual que se llevaba acabo en los almacenes, consistio en realizar visitas constantes a los almacenes. Para que esto se lograra, se contó con la ayuda de los supervisores de los almacenes y trabajadores, por lo que el funcionamiento de los almacenes fue a través de la observación, ya que de esta forma se tuvo conocimiento del procedimiento con el cual trabajan y el método como distribuyen los productos dentro de los almacenes. También se pudo observar los aspectos de interés y la información que ayudo ha realizar el primer modelo de simulación y el proceso actual de dichos almacenes.

Construcción del modelo de simulación del sistema actual.

Formulación del problema: Se pretende realizar un análisis preliminar del sistema actual para poder determinar las restricciones del mismo y las medidas de desempeño que se utilizaran para definir y estudiar el sistema, así como los resultados que se esperan obtener del estudio.

Recolección de datos y definir el modelo: Una de las partes fundamentales del estudio de simulación es la recolección de información del sistema real, debido a que en base a estos datos, se determinará las distribuciones de probabilidad, ya sea empírica o teórica. Es muy importante que los datos que se obtengan sean definidos con claridad exactitud para poder obtener los resultados deseados.

Para la realización del modelo de computadora se necesita contar con información de la manera en que realmente opera el sistema. Estos se obtuvieron recolectando datos de tiempos y movimientos a cada una de las actividades de los tres almacenes, empleando la técnica de observación, llegando a la conclusión de que estos son constantes durante los turnos de la empresa.

Análisis de Datos: Para la determinación del tamaño de muestra se utilizó un pequeño simulador realizado en Excel, el cual arrojó que la muestra adecuada para llevar acabo el análisis de datos era de 57 días. Ya que esta empresa trabaja los 365 días del año. Los datos de la localización de los materiales y el tiempo en que tardan en sacar los materiales fueron tratados en una hoja de Excel, para tener un mejor control y organización.

Los datos se analizaron estadísticamente utilizando el software Stat: Fit, el cual es una herramienta que incluye Promodel. Stat: Fit permite aplicar a los datos colectados, las pruebas de bondad y ajuste Chi Cuadrada y Kolmogorov Smirnov, con el objetivo de verificar si dichos datos se ajustan a una determinada distribución de probabilidad teórica. Los tiempos de este proyecto se ajustaron a distribuciones de probabilidad como la beta y la uniforme.

Construir el programa: La construcción del modelo de simulación permitió observar de manera más clara la forma en que trabajan los almacenes de la empresa mencionada, y de esta manera analizar y evaluar el desempeño que tiene dicha área en el sistema actual. Se construyó el modelo de simulación de acuerdo a la información adquirida en pasos anteriores. Para ello, se utilizó el simulador *Promodel*. En la figura 1 se muestra gráficamente el modelo construido.

Se dice que es estadísticamente significativo al nivel de α . Esto es equivalente a rechazar la hipótesis nula.

$$H_0 : \mu_x = \mu_y \quad (7)$$

A favor de la alternativa:

$$H_1 : \mu_x \neq \mu_y \quad (8)$$

Si $\phi \in [l_{(\alpha)}, u_{(\alpha)}]$, cualquier diferencia observada entre μ_x y μ_y no es estadísticamente significativa al nivel " α " y puede ser explicada por fluctuaciones aleatorias, aceptando que el modelo es válido.

Diseño de experimentos: Para la determinación del número óptimo de replicaciones, se aplicó la ecuación que sugiere Law y Kelton (2000):

$$\bar{X}_n \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2(n)}{n}} \quad (9)$$

Esta ecuación se utiliza para estimar la medida poblacional $\mu = E(X)$ con un error específico permitido β , una vez que el modelo ha sido validado. Tomando como medida de desempeño el tiempo promedio de localización de materiales con una $\beta = 2.2$

Y con un nivel de confianza del 90%, el valor de i fue incrementándose hasta obtener un número óptimo de corridas de 16; número que cumplió con la condición establecida de la ecuación 9.

II. DESARROLLO

Propuesta de Solución

Se determinó implementar sistemas visuales para poder solucionar la problemática que se ha venido tratando a lo largo de este trabajo. El método adecuado se divide en varias etapas, cada una de las etapas está formada por ciertas actividades, las cuales se fueron describiendo dentro de cada una de ellas.

- Clarificación de metas y organización.
- Formación de un grupo gerencial para la implementación
- Establecimientos de metas y objetivos
- Formación de grupos de sistematización visual
- Establecimiento de puntos de control.
- Identificar áreas de oportunidad
- Determinación de problemas y áreas de mejora.
- Eliminación de fuentes de error
- Clarificación de procedimientos

Establecimiento de un modelo para lograr un Sistema Visual

Proporcionar los conceptos de 5'S y Sistematización Visual

Para que todo el personal de los almacenes conozca qué son las 5'S y qué son los sistemas visuales, se deberán impartir dos cursos:

a) Las 5'S

b) Qué son los sistemas visuales.

- Iniciar promoción cultural del sistema visual
- Definir la necesidad de la aplicación del sistema visual
- Delimitación de territorio de los equipos de sistematización visual La formulación de planes y operaciones
- El desarrollo del concepto de 5'S

Software de ubicación

El software de ubicación será creado para dar solución a la problemática que se presenta dentro de sus almacenes. Un complemento esencial para la implementación del software de ubicación son los sistemas visuales, ya que la implementación de ambos es la solución más idónea, para la problemática que se presenta.

Funcionamiento del software:

Para fines de la empresa se había creado un software libre, a continuación se explica el significado de este:

- Software libre (en [inglés](#) *free software*) es la denominación del [software](#) que brinda [libertad](#) a los usuarios sobre su producto adquirido y por tanto, una vez obtenido, puede ser usado, copiado, estudiado, modificado y redistribuido libremente. Según la [Free Software Foundation](#), el software libre se refiere a la [libertad](#) de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el [software](#); de modo más preciso, se refiere a [cuatro libertades de los usuarios del software](#): la libertad de usar el programa, con cualquier propósito; de estudiar el funcionamiento del programa, y adaptarlo a las necesidades; de distribuir copias, con lo cual se puede ayudar a otros, y de mejorar el programa y hacer públicas las mejoras, de modo que toda la comunidad se beneficie (para la segunda y última libertad mencionadas, el acceso al [código fuente](#) es un requisito previo).
- El software libre suele estar disponible gratuitamente, o al precio de coste de la distribución a través de otros medios; sin embargo no es obligatorio que sea así, por lo tanto no hay que asociar software libre a "software gratuito" (denominado usualmente [freeware](#)), ya que, conservando su carácter de libre, puede ser distribuido [comercialmente](#) ("software comercial").

Por otro lado este software de ubicación, para el correcto funcionamiento dentro de los almacenes requería de una PDA, la cual se describe a continuación:

- PDA, del [inglés](#) Personal Digital Assistant (*Asistente Digital Personal*), es un [computador](#) de mano originalmente diseñado como [agenda electrónica](#) (calendario, lista de contactos, bloc de notas y recordatorios) con un sistema de reconocimiento de escritura. Hoy día (2009) estos dispositivos, pueden realizar muchas de las funciones de una computadora de escritorio, pero con la ventaja de ser portátil.
- Un PDA en otras palabras, es un dispositivo de pequeño tamaño que combina un ordenador, teléfono/fax, [Internet](#) y conexiones de red. A los PDAs también se les llama palmtops, hand held computers (ordenadores de mano) y pocket computers (ordenadores de bolsillo).

Empleo de la PDA y el software

Será necesario el uso de una computadora portátil en la cual se instalará el software de ubicación y por medio de internet inalámbrico recibirá la señal de una PDA. Esta computadora deberá estar en la oficina de los almacenes para mayor comodidad. La PDA tiene incluido un lector de código de barras, el cual leerá los códigos de barras que se encuentran en las diferentes regiones de los almacenes, y por este medio se obtendrán las ubicaciones de los productos en los tres diferentes almacenes y así mismo la de las tarimas que serán las que tendrán la información de los productos.

Características del software:

- Flexibilidad operacional
- Información de la localización de los materiales confiable y en tiempo real
- Búsqueda y ubicación
- Herramientas de diagnóstico para mejorar el desempeño

El Software será creado para que contenga la información siguiente:

- El software tendrá toda la base de datos referente a los diferentes productos que se manejan dentro de los tres almacenes.
- Permitirá obtener información sobre la región en que se encuentra cada producto e informar dentro de que almacén se encuentra dicha región.
- Cada vez que entre o salga producto se registrará en la base de datos, solo bastará que el producto sea leído por la PDA la cual transmitirá la información al software.

Monitoreo de datos:

- En las pantallas con el diagrama de los sistemas de los almacenes, cada posición puede ser seleccionada, para tener información.
- La información de los materiales, así como de las tarimas que entren o salgan de los almacenes, serán registrados mientras entran al sistema.
- Esta herramienta hace posible ver toda la información en la pantalla en cada una de las posiciones.
- La entrada y salida de productos requerirá del ingreso de datos del operador o la supresión manual de las estaciones o menús.

El proceso será el siguiente:

1. En los tres diferentes almacenes se colocarán cuadrículas para determinar coordenadas y letreros en la parte superior de los diferentes lugares que hay en los almacenes. A continuación se muestra en la figura 2 cómo sería la ubicación.



Figura 2. Modelo de simulación referente al sistema propuesto de los almacenes de la empresa de granos.

2. Cada montacargas tendrá su PDA, en la cual el montacargista tendrá en tiempo real de la ubicación de los materiales de los tres almacenes, no importando la cantidad de movimientos que se hallan realizado y el tipo de material que es.

III. COMENTARIOS FINALES

El presente trabajo trató la problemática de analizar las condiciones para encontrar un método más eficiente para ubicar y dar un orden óptimo sobre el uso de los almacenes, minimizando tiempos y buscando tener un mejor servicio. En todo momento se buscó una solución a dichos problemas mediante el análisis previo del sistema actual de los almacenes con la finalidad de resaltar que la manera de cómo lo realizan no es la adecuada, para trabajar de manera productiva. Por lo tanto, se establecieron objetivos específicos para poder afrontar dichas problemáticas.

Referente a los objetivos:

Los objetivos específicos de este trabajo indican que se debería realizar las siguientes actividades:

- **Realización de un modelo de simulación, para el análisis del sistema actual de los almacenes:**

Se logró realizar el modelo de simulación en el que representaba la situación actual de los almacenes, con respecto al tiempo en que tardan en localizar los materiales dentro de estos. Permitiendo analizar la problemática que existe.

- **Obtener la distribución adecuada de los almacenes.**
- **Implementar sistemas visuales en el área de almacenes.**

Con respecto a estos dos objetivos no se cumplieron en su totalidad, ya que la alternativa de solución presentada a los directivos de la empresa no fue posible implementarla, debido a situaciones ajenas a ellos. Por lo tanto, para efectos de este trabajo quedará como propuesta.

Sin embargo, es importante mencionar que la empresa no está lejos de cumplir con la realización de este proyecto en un futuro no muy lejano, ya que con la ayuda del modelo de simulación que mostraba

la solución propuesta, se demostró que habría disminución de costos y tiempos perdidos, ya que como bien se sabe esto genera grandes pérdidas económicas.

- **Analizar si la propuesta de implementar un sistema visual en el área de almacenes es mejor que la situación actual.**

Se logró demostrar que la manera en que trabajan los tres almacenes no es eficiente, ya que la pérdida de tiempos en la ubicación de los productos, la falta de espacios, la desorganización de los almacenes y el uso de los recursos tanto humanos como materiales causan grandes pérdidas económicas y de tiempos a la empresa.

IV. REFERENCIAS

- Besterfield, Dale, *Control de calidad 4ta. Edición*, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1994.
- Blanco R. Luis E, *Simulación con Promodel*, Obtenido en la Red mundial el 25 de septiembre del 2008, <http://www.unal.edu.co/salacam/tutorialpromodel/INTRODUCCION/INTRODUCCION.htm>
- Campanella, Jack, *Principios de los costes de calidad*, Ediciones Díaz de Santos S.A., Madrid, 1992.
- Coss Bu, Raúl, *Simulación, un enfoque práctico*, Editorial Limusa, México 1990.
- Deming, W. Edwards, *Calidad, productividad y competitividad. La salida de la crisis*. Ediciones Díaz de Santos, S.A., Madrid, 1989.
- González, Carlos, *Calidad*, Obtenido en la Red mundial el 31 de Octubre del 2008, <http://www.monografias.com/trabajos11/conge/conge.shtml>
- Kogyo, Nikkan, *Visual Control Systems*, Factory Management Series, 1996.
- Lapa Cervantes, Jorge, *“Calidad Total*, Obtenido en la Red mundial el 31 de octubre del 2008, <http://www.monografias.com/trabajos15/calidad-total/calidad-total.shtml>.
- Law M.A. y Kelton W. D., *Simulation Modeling y Analysis*, Editorial Mc. Graw-Hill Book Company, U.S.A, 1982.
- Promodel Corporation, *Promodel, Software de Simulación de Manufactura*, Manual del Usuario, Versión 4.1, Estados Unidos de América, 1998.
- Niebel, Benjamín, *Ingeniería Industrial. Estudio de Tiempos y Movimiento*, AlfaOmega, 1996
- Williamson, Robert M., *Sistemas Visuales para mejorar la efectividad del equipo*, Strategic Work Systems, 2000.
- Promodel Corporation, *Manufacturing simulation software*, Obtenido en la Red mundial el 17 de enero del 2009, http://www.simulart.cl/software_promodel.htm.
- Williamson, Robert M., *Sistemas Visuales*, Obtenido en la Red mundial el 27 de Noviembre del 2008, <http://www.tpmonline.com/articlesontotalproductivemaintenance/tpm/visuales.htm>
- .
- I.S.C. Darío Fuentes Guevara** Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales cursada en la Universidad del Valle de Orizaba, actualmente cursando el tercer nivel de la Maestría en Ingeniería Industrial con la especialidad en Calidad. Responsable de compras, ventas y manejo de personal, relación con proveedores e inventarios en la empresa Plomería y Acabados Santa Rosa, En la imprenta y Distribuidora de Oriente en la ciudad de México como el encargado de Logística, manejo de inventarios y control de calidad de producto terminado .
- I.I. Linda García Rodríguez** Licenciatura en Ingeniería Industrial cursada en el Instituto Tecnológico de Orizaba, actualmente cursando el tercer nivel de la Maestría en Ingeniería Industrial con la especialidad en Calidad. Experiencia en el área de moldes de la empresa Sílices de Veracruz de S.A de C.V., donde estuvo encargada del control del personal y auxiliar del control estadístico, así como del manejo de los sistemas Kronos y SAP. Laboró en la empresa Sabritas S.A. de C.V., en el área de Información y Análisis, departamento Servicio a Ventas, como Analista de Cartón, manejo de sistemas OMS y R11 y en el área de Tráfico de la misma empresa en el departamento de Captura, manejo de sistemas R11 y SAT (sistema de tráfico).
- Dr. Luis Carlos Flores Ávila** Licenciatura en Químico Industrial en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana. Posteriormente se graduó como Maestro en Administración de Empresas en la Universidad de las Américas, Puebla, Puebla. Realizo estudios de Doctorado en Ciencias Administrativas en el Instituto Politécnico Nacional. Actualmente es Profesor de Licenciatura, Maestría y Doctorado en Ingeniería Industrial y Maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Orizaba. Coordinador del Programa de Innovación y Calidad (PIC) y de la implantación de ISO 9000. Representante de la Dirección (RD) en el SGC del ITO. Asesor en sistemas de calidad del Grupo Industrial FEMSA. Gerente General de la empresa de productos químicos “Protéctor”

Determinación de variables que inciden en el proceso entrópico organizacional

Ing. Linda Viviana García Quiñonez¹, Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez², Dr. Luis Carlos Flores Ávila³
M. C. Constantino Moras Sánchez⁴ y M.C. Epifanía Celerina Ayala Bautista⁵

Una organización es un sistema dinámico, el cual posee como propiedad la entropía, ésta puede considerarse como reflejo del crecimiento de la misma, el cual puede verse afectado por tres grandes factores principalmente: técnicos, financieros y humanos. La interrelación de ellos, produce una determinada entropía, la cual puede ser positiva o negativa.

Cuando uno de estos factores falla, entonces se deberán inyectar recursos de ese tipo, por lo cual uno de los problemas a resolver es determinar y establecer las variables que inciden en ellos.

Para lograr la determinación de las variables, se utiliza la metodología Checkland modificada, dando como resultado el mapa de variables con sus respectivos índices, que permitirán evaluar el estado de cada factor.

Palabras claves- sistemas suaves, entropía organizacional, variables operacionales

I. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista sistémico, una organización es un sistema de actividad humana, interactuando con los recursos del medio y provocando que cada uno de estos cambios este integrado de tal manera que produce una alteración ya sea positiva o negativa, que modifica el equilibrio organizacional.

La característica sistémica que refleja los cambios es la entropía, la cual se define termodinámicamente como “la medida del desorden del sistema”. En el presente trabajo se diseñará la forma de establecer un sistema de medición de la misma mediante el establecimiento de los factores que afectan a la organización.

II. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

En primer lugar, establecidos los factores mediante la aplicación de la metodología Checkland modificada con administración de procesos se obtuvieron las variables que afectarían a cada uno de ellos.

Las variables que se obtuvieron dentro del factor financiero son: la estructura financiera, la solvencia y el volumen de negocios, las cuales a su vez están conformadas por índices que permitirán calcular dicho

¹La Ing. Linda Viviana García Quiñonez es alumna de la maestría de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba, México. adnilanavivi_1984@hotmail.com (autor correspondiente)

² La Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez es Profesora Investigadora de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Orizaba, México mgurruchaga@itesm.mx y profesora de cátedra en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores y de Monterrey – CCV

³ El Dr. Luis Carlos Flores Ávila es Profesor Investigador de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Orizaba, lcfloresa@yahoo.com

⁴ El M.C. Constantino Gerardo Moras Sánchez es Profesor Investigador de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba.t.moras@yahoo.com

⁵ La M.C. Epifanía Celerina Ayala Bautista es profesora Investigadora de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Orizaba,

factor, el cual permite conocer el estado actual de la empresa a través de determinar los beneficios o pérdidas en las que se puede incurrir al pretender realizar una inversión o algún otro movimiento.

Como siguiente punto tenemos las variables del factor humano entre las que se seleccionaron la capacitación, la rotación de puestos y el clima organizacional como aquellas que afectan de manera directa al factor de estudio, ya que es fundamental asignar e integrar personal dentro de la organización de acuerdo con los criterios organizativos.

Y por ultimo pero no menos importante tenemos al factor técnico el cual es una parte medular en la empresa ya que es él, el que nos permite satisfacer las demandas del cliente entregando los productos basados en las normas de calidad, las especificaciones y las metas de la organización.

Por tanto las variables que lo integran son factores duros y los factores blandos.

Una vez establecidos los factores, las variables y sus índices se prosigue a la elaboración de un modelo de programación en VENSIM, el cual nos permitió evaluar el factor financiero estableciendo las ecuaciones para obtenerlo.

Establecido el modelo se prosiguió a analizar datos de una empresa, se compararon los datos arrojados por el programa contra los datos de la organización los cuales mostraron que eran semejantes, lo que nos lleva a una herramienta que puede presentar diferentes escenarios con la manipulación de elementos que afectan a dicho factor en la figura 1 se puede apreciar el modelo que se elaboró con cada uno de sus elementos y la forma en que se integran al factor.

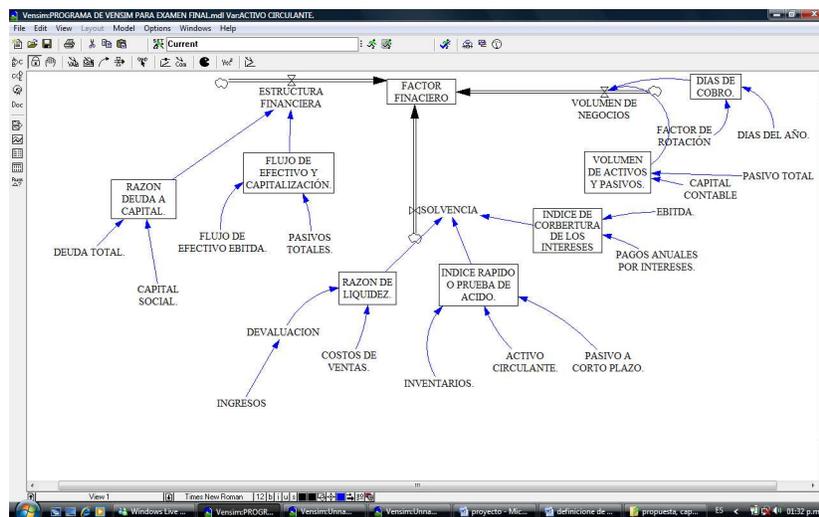


Fig. 1 Programa final con sus respectivos índices y variables que lo alimentan

Una vez corrido el programa se prosiguió a su validación la cual se realizó mediante la comparación del simulador financiero de ACCIGAME del Banco Nacional de México en el cual se presentan resultados semejantes en un 87 %, debido a que no se tiene acceso a la información actual de la empresa por razones de privacidad.

Con respecto al factor humano, se establecerán encuestas que nos permitan validar la existencia de cada una de las variables que se mencionaron anteriormente, y con ello determinar en qué punto es necesario aplicar nuevos recursos para la solución de los problemas en caso de presentarse.

Este factor es uno de los puntos más sensibles en la investigación y por tanto el objetivo a perseguir es la determinación de preguntas de manera tal que las encuestas que se realicen, cumplan con los requisitos de validez y confiabilidad previas. En este trabajo se está direccionando los instrumentos de evaluación a organizaciones sociales, debido a que existe una constante capacitación al igual que un alto índice de rotación debido a la dificultad existente en el desarrollo del trabajo.

Con los resultados obtenidos en el punto anterior, se alimentará el programa de factor humano, el cual nos arrojará aquellos indicadores que están afectando y su incidencia. En la figura 2 se puede apreciar cómo se encuentra estructurado dicho programa.

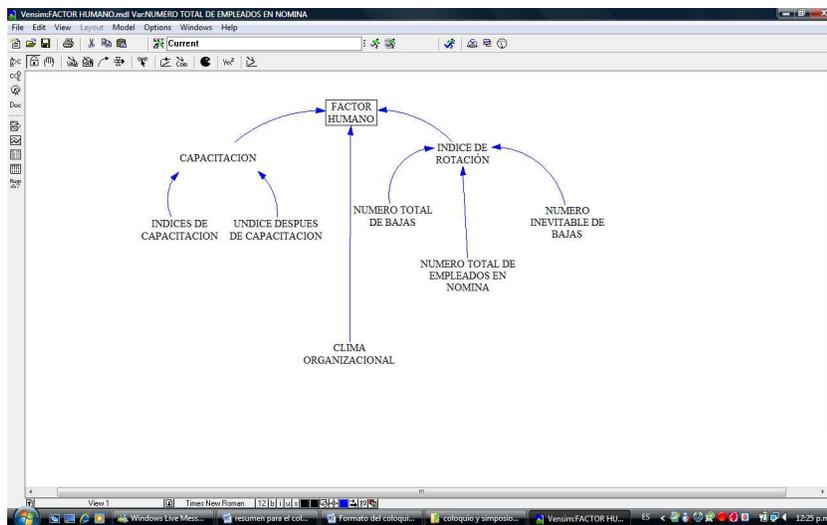


Fig. 2 Programa final del factor capacitación con sus respectivos índices y variables

Referente al factor técnico se aplicara de igual manera que el factor financiero un modelo que nos permita calcular las variables que afectan el desarrollo del mismo en donde se podrán apreciar las variables que afectan tanto al factor duro como blando que son los índices principales a analizar. Dentro del factor duro podemos obtener los índices de productividad mediante la aplicación de formulas encontradas en la tesis de maestría de la Ing. Lizeth Ruiz Macías, 2006, que nos permitirán obtener resultados de dicho índice, en cuanto al factor blando se aplicarán aspectos que nos permitan evaluar el desempeño de los trabajadores entre los que destacan la eficiencia en el trabajo, los métodos de trabajo y los estilos de dirección de igual manera obtenidos de la tesis antes mencionada.

III. COMENTARIOS FINALES

Conclusiones

Establecer modelos que permitan evaluar cada uno de los indicadores y sus respectivos índices y una vez en conjunto, se obtendrá un modelo de cálculo de la entropía organizacional.

En el cual se pueda hacer una analogía entre los resultados obtenidos contra aquellos que tiene la empresa.

Lo que nos permitirá valorar la capacidad real del proceso contra el proyectado y lograr hacer predicciones en cada uno de los factores de estudio para hacer eficientes los recursos y aprovechar el momento en el que existe entropía.

IV. REFERENCIAS

Anderson, Hair Tatham. Análisis Multivariante Editorial Mc. Graw Hill, México, 1993

Johansen, Oscar Bertoglio. "Anatomía de la empresa" Editorial Limusa, México, 1992

W, William Hunes, C. Douglas Montgomery, "Probabilidad y Estadística para ingenieros" Editorial CECSA, México, 1993

Smith, J.M, H.C Van Ness y M. M Abott, "Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química" Editorial Mc. Graw Hill

Dynamics system, Massachussets Institute Technologyc, obtenido de Knowledge Hub en enero 2009

Manual de operación de Vensim, Ventana System.

Material no publicado (tesis, disertaciones)

Gurruchaga, María Eloísa Rodríguez

Tesis doctoral, Instituto Tecnológico de Orizaba, 2006

Ruiz, Lizeth Macias

Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Orizaba, 2006

Referencias bibliográficas virtuales

Kenneth D. Bailey "System entropy analysis", 26, 1997, 1-9, obtenido en la Red Mundial el 1° de Octubre del 2008, <http://biblioteca.itesm.com>

Ting-ya Hsieh, "Finding critical financial ratios for Taiwan's property development firms in recession", 14, 2001, 1-21, obtenido en la Red Mundial el 3° de Octubre del 2008, [http:// biblioteca.itesm.com](http://biblioteca.itesm.com)

Nicolae Buiz, "Aspects of theory of systemic construction", 34, 2005, 1-6, obtenido en la Red Mundial el 2° de Octubre del 2008, [http:// biblioteca.itesm.mx](http://biblioteca.itesm.mx)

La **Ing. Linda Viviana García Quiñonez** estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba en el área de manufactura. Cuenta con experiencia laboral como jefe de producción dentro de la empresa ASPEL Molding de México S.A de C. Actualmente es estudiante de la Maestría de Ingeniería Industrial dentro del Instituto Tecnológico de Orizaba, cursando el cuarto semestre y con especialidad en calidad.

La **Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez** estudio la licenciatura en Ingeniería Química en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana y la maestría y el doctorado en ciencias en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Actualmente es profesor investigador de tiempo completo del Instituto tecnológico de Orizaba, autor de varios artículos y asesor de empresas en el área de calidad y sistemas suaves.

El **Dr. Luis Carlos Flores Ávila** estudio el doctorado en el Instituto Politécnico Nacional. Actualmente es profesor investigador de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Orizaba, autor de varios artículos, ha sido asesor en el área de calidad y financiera de múltiples empresas.

M.C. Constantino Gerardo Moras Sánchez estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas, Puebla. Posteriormente se graduó como Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial en Texas Tech University, U.S.A. Actualmente es profesor de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Orizaba.

M.C. Epifanía Celerina Ayala Bautista profesora investigadora del Instituto Tecnológico de Orizaba en el área de Ingeniería Química, especializada en el área de fisicoquímica y termodinámica, directora de tesis de maestría y licenciatura. Codirectora de tesis premiada a nivel nacional y colaboradora en diversos proyectos de investigación.

ANÁLISIS Y MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN UNA AGENCIA DE AUTOS

M.I.I Linda García Rodríguez¹, M.I.I Darío Fuentes Guevara², Dr. Luis Carlos Flores Ávila³

Resumen— En el presente trabajo se presenta los resultados obtenidos durante un estudio realizado en una agencia automotriz. La situación que se presenta es que a pesar de contar con un sistema de gestión de calidad, no existe una definición clara de todas las funciones de cada uno de los puestos, por lo tanto no hay adjudicación clara de algunas de las responsabilidades de éstos, lo cual genera reprocesos, insatisfacción por parte de los dueños, así como de los clientes. A partir de realizar estudios de tiempos y movimientos, análisis de puestos y confrontar los procedimientos del sistema de gestión de calidad contra las actividades realizadas por el personal de la empresa, se tiene como resultados que: no existe una definición clara de los puestos de trabajo, desinterés y falta de conocimientos de la gerencia sobre lo que está ocurriendo, falta de orden y limpieza, mejora del índice de satisfacción del cliente, del sistema de tiempos y movimientos, entre otros.

Palabras claves— Estudio de Tiempos y Movimientos, 5's, Análisis de Puestos, Sistema de Gestión de Calidad, Equipos de Calidad.

Introducción

La necesidad de que las empresas y organizaciones de todo el mundo mejoren su calidad y productividad, como una condición necesaria para poder competir y sobrevivir en los mercados globalizados, ha llevado a que las organizaciones ejecuten acciones tendientes a atacar las causas de sus diversos problemas y deficiencias.

Pero más allá del ataque a los puntos débiles y su corrección, está la tarea de planear sistemas que permitan alcanzar la calidad y continuar en el camino de la mejora continua, ya que se ha demostrado que éste es un camino sin retorno y sin final.

Un Sistema de Gestión de la Calidad es una forma de trabajar, mediante la cual una organización asegura la satisfacción de las necesidades de sus clientes. Para lo cual planifica, mantiene y mejora continuamente el desempeño de sus procesos, bajo un esquema de eficiencia y eficacia que le permite lograr ventajas competitivas.

Algunos de los beneficios que se logran con llevar un Sistema de Gestión de la Calidad son:

Mejora continua de la calidad de los productos y servicios que ofrece, atención amable y oportuna a sus usuarios, transparencia en el desarrollo de procesos, asegurar el cumplimiento de sus objetivos y asegurar el cumplimiento de sus objetivos, en apego a leyes y normas vigentes, reconocimiento de la importancia de sus procesos e interacciones, integración del trabajo, en armonía y enfocado a procesos, adquisición de insumos acorde con las necesidades y delimitación de funciones del personal, entre otras.

Los Sistemas de Gestión de Calidad como ya se mencionó logran grandes beneficios para cualquier empresa, ya sea que se dedique a la manufactura de productos o a la prestación de servicios.

¹ M.I.I Linda García Rodríguez postulado a doctorado dotl25@hotmail.com (autor corresponsal)

² M.I.I Darío Fuentes Guevara postulado a doctorado dariof25@hotmail.com

³ Dr. Luis Carlos Flores Ávila es Profesor de Licenciatura, Maestría y Doctorado en Ingeniería Industrial y Maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Orizaba. Coordinador del Programa de Innovación y Calidad (PIC) y de la implantación de ISO 9000. Representante de la Dirección (RD) en el SGC del ITO. Asesor en sistemas de calidad del Grupo Industrial FEMSA. Gerente General de la empresa de productos químicos "Protector"

lcflores@yahoo.com

Autos AUFIN, es una agencia automotriz dedicada a la venta de autos nuevos y usados, servicios de mantenimiento y pintura y venta de refacciones. A lo largo de su ciclo laboral, ésta empresa ha presentado diversas problemáticas, lo cual genera insatisfacción por parte de los dueños, así como de los clientes.

Aplicando estudios de tiempos y movimientos, análisis de puestos y confrontación de procedimientos del sistema de gestión de calidad contra las actividades realizadas por el personal de la empresa se logró definir como áreas de oportunidad:

- Analizar el SGC (Sistema de Gestión de Calidad) actual.
- Elevar los indicadores de ISC (Índice de satisfacción del cliente), en base a los estándares establecidos por la empresa.
- Establecer una metodología para mejorar los puntos débiles del sistema de calidad.
- Trabajar con el personal de la empresa, hacia la calidad y cambios culturales positivos, ubicando los factores que les impiden involucrarse en el SGC.
- Elevar los indicadores de calidad de los servicios que se ofrecen.
- Incrementar la satisfacción del cliente.

Lo cual de cierto modo, dificulta la visualización de objetivos claros por parte de la organización y sus trabajadores, y que lleva a la falta de compromiso, disciplina y que finalmente dificulta la satisfacción del cliente y también genera altos costos por reprocesos.

I. MÉTODO

Descripción del Método

Para la realización del análisis y mejoramiento del sistema de gestión, primero se realizó un diagnóstico inicial del área de servicio. *Análisis de Puestos* Se denomina análisis de puesto o de trabajo, el proceso por el cual se determina la información pertinente relativa a un trabajo específico, mediante la observación y el estudio. Es la determinación de las tareas que componen un trabajo y de las habilidades, conocimientos, capacidades y responsabilidades requeridas del trabajador para su adecuado ejercicio y que diferencian al trabajo de todos los demás. (E. Lanham,) Para la realización del análisis de puestos se dividió en los aspectos siguientes:

1. Identificación y naturaleza del puesto: En esta etapa se determinó si existía una concordancia entre la denominación otorgada regularmente al cargo, y la función específica que se ejecuto al momento de la investigación.

2. Descripción del trabajo: Se obtuvo la información referente al trabajo específico que tiene asignado cada puesto. Todo esto realizado en base a los procedimientos ya existentes.

3. Requerimientos de capacidad: Al valorar las diferentes tareas del trabajo y determinar su nivel de complejidad y dificultad, permitió definir los requerimientos de capacidad y experiencia necesarios para desempeñar eficientemente el trabajo.

4. Otros requerimientos: Un exhaustivo análisis de trabajo debe procurar obtener otras informaciones, tales como: supervisión ejercida o recibida, responsabilidad del puesto, condiciones de trabajo, riesgos de trabajo, adiestramiento necesario

Para recabar la información se utilizó el sistema de entrevistas, a través del cual se entabló conversación con el trabajador en el momento de la ejecución de las tareas. Obteniendo así la información inherente a la descripción y valuación de puestos.

Para los puntos anteriores, en primer lugar se conoció el área de servicio en general, y cada uno de los lugares de trabajo con los que cuenta el área, posteriormente se recurrió a leer los manuales para conocer los procedimientos de cada uno de los diferentes puestos, para así verificar que lo que están realizando los trabajadores sea realmente lo que marca su procedimiento y corroborar que realmente conocen dicho procedimiento.

Se analizaron cada uno de los procedimientos existentes:

- Procedimiento realizados por el personal Técnico: Servicio mayor, menor, alineación, balanceo.
- Procedimiento de lavado
- Procedimiento de Control de Calidad
- Procedimientos de Asesor Profesional de Servicio (APS)

Un punto importante que también fue analizado es el nivel de capacitación de cada uno de los técnicos, todo con la finalidad de verificar si la asignación de trabajos, se realiza de acuerdo a la capacidad y experiencia necesarias para desempeñar eficientemente el trabajo. Por lo que nos pudimos dar cuenta con respecto a los niveles de capacitación, es que la diferencia de estos entre uno y otro técnico se ve reflejada en el momento de la asignación de servicios por parte del Jefe de Torre de Control, al generar una polémica entre los técnicos al no serles otorgados determinados servicios.

Estudio de Tiempos y Movimientos Un Estudio de Tiempos es una actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables Por tal motivo se realizó un estudio de tiempos, para reducir al mínimo el tiempo muerto o improductivo del personal técnico, ya que estos son los que realizan la parte operativa del proceso de servicio de mantenimiento a los vehículos y es precisamente en donde recae gran parte de los problemas.

Por otra parte un Estudio de Movimientos es un análisis cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo al ejecutar un trabajo. Dicho análisis se desarrollo con la finalidad de confrontar los procedimientos del sistema de gestión de calidad contra las actividades realizadas por el personal de la empresa.

Se pudo ver claramente que existe una gran diferencia de tiempos con respecto a los que establece la empresa y los que realmente ejecutan los técnicos., lo cual genera un gran problema, el cual se ve reflejado dentro del área de servicio así como en la hora de entrega de las unidades a los clientes.

Servicios	Tiempo Estándar	Tiempo Real (promedio)
Servicio Mayor	30 minutos	43.8 minutos
Servicio Menor	60 minutos	82 minutos
Servicio de Previa	30 minutos	53.2 minutos
Servicio Alineación	30 minutos	30 minutos
Servicio de Balanceo	30 minutos	18 minutos
Servicio de Lavado	60 minutos	72.8 minutos

Cuadro 1. Resultados de Estudio de Tiempos

Auditoria

La Agencia de Autos en la que se trabajo es evaluada periódicamente por auditores por parte de la marca de autos que se trabajan. Por lo que se pudo participar en una Auditoria Externa en el Área de Servicio, la cual fue de gran ayuda para corroborar los estudios que anteriormente se habían realizado y verificar las problemáticas encontradas.

Alcance de la auditoria: Administración, recepción/entrega de vehículos, programación y control de órdenes de trabajo, mecánica, control de calidad, lavado, previas.

II. DESARROLLO

Para llevar a cabo la mejora al sistema de Gestión de Calidad, antes se tuvieron que realizar algunas acciones dentro del área, dichas acciones se mencionan a continuación.

Se consideró de suma importancia la implementación de la herramienta 5'S, ya que permite eliminar despilfarros y por otro lado mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y a sus empleados. La implementación consto en tres fases operativas: Organización, Orden y Limpieza; una fase para estandarizar lo realizado y otra fase para mantenerlo y mejorarlo. Dicha implementación se realizó en el área de servicio el cual está conformado por bancos de trabajo, bodega de herramientas, área de lavado, área de residuos y lugar administrativo.

Logros que se alcanzaron con la aplicación de la metodología 5'S

- Menos errores en el trabajo.
- Menos averías en las herramientas y aparatos.
- Menor nivel de existencias almacenadas.
- Menos accidentes.
- Menos movimientos y traslados inútiles.
- Menor tiempo para el cambio de herramientas.
- Más espacio.
- Orgullo del lugar en el que se trabaja.
- Mejor imagen ante los clientes.
- Mayor cooperación y trabajo en equipo.
- Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas.
- Mayor conocimiento del puesto de trabajo.
- Mejor identificación de los problemas.
- Etc.

Beneficios que se adquirieron al implementa las 5'S

- Mejoró la seguridad.
- Ayudó a reducir el desperdicio.
- Incrementó la eficiencia.
- Mejoró la imagen del área de servicio.
- Contribuyó al desarrollo de buenos hábitos.
- Permitted desarrollar el Auto-Control.
- Mejoró la disposición ante el trabajo.

Estructura básica del mejoramiento de la productividad

En las condiciones actuales de la globalización económica podrán permanecer en el negocio aquellas empresas en que las propuestas de mejora se multipliquen año con año, que sean capaces de reestructurarse y adecuarse a la diversidad de cambios que a diario ocurren. Una de las formas que las empresas han impulsado como respuesta a estas nuevas exigencias ha sido la de impulsar el trabajo en equipo en todos sus niveles.

Es por ello que como solución a cada uno de las observaciones que se tuvieron de estudios previos, y para poder tener un seguimiento correcto a la implementación de la metodología de las 5'S, se decidió la creación de los Equipos de Calidad dentro del área de servicio. que la organización inspirada en el nuevo modelo, exige una comunicación constante, compartir ideas y coordinar actividades, y para conseguirlo se necesitan relaciones estrechas entre los empleados. Así que una de las condiciones básicas para lograr la transformación hacia la calidad es el trabajo en equipo.

El uso de los equipos de calidad es la herramienta que más se apega a la empresa debido a que los empleados sienten la necesidad de sentirse parte de un equipo humano, con el cual puedan compartir valores y aspiraciones, así como objetivos y responsabilidades. Y de esta manera poder dar solución a los problemas que se detectaron con los estudios previos que se llevaron a cabo anteriormente. Se pretendió que los equipos de calidad sean permanentes ya que estos se pueden asociar a trabajos de mantenimiento y mejora continua, que es precisamente lo que se quiere lograr: tener una mejora continua.

Pasos de la implementación

Para la formación de los equipos, la organización tuvo que cumplir ciertos requerimientos tales como:

- Compartir la información.
- Responder rápido a los empleados.
- Tener genuino interés.
- Escuchar a la gente.
- Querer aprender de la gente.
- Querer trabajar con la gente.
- Permitir que la gente pruebe sus ideas.
- Remover barreras para la mejora.
- Darle tiempo a la gente para que se reúnan.
- Continuidad.

Posterior a esto se continuó con la ejecución de las fases para la formación de los equipos

Fase I Formación del Equipo

a) Primera reunión del equipo.

Se convocó a una reunión a todos los empleados que forman parte del area de servicio, para:

- La presentación del objetivo.
- Antecedentes: resultados históricos.
- Preguntas y respuestas.
- Sesión de tormentas de ideas.
- Asignar una idea a cada miembro del equipo para que la resuelva.
- Definir un mecanismo de seguimiento para: las ideas resueltas y el avance de objetivos.
- Acordar fecha, lugar y hora d la próxima reunión.

Fase II Equipo sincronizado

- Empezar a usar información (datos) para: identificar problemas, dar seguimiento a las mejoras, formar equipos específicos para resolver problemas específicos.
- Introducir metodología para la solución de problemas.
- Dar seguimientos a los resultados a través de reportes de información establecida.
- Desarrollar aprendizaje.
- Transferir aprendizaje.

Fase III Equipo de de alto rendimiento

- Empezar a transferir el control del proceso a cada integrante del equipo.
- Enseñar a integrantes claves del equipo sobre como dirigir el proceso.

Se formaron dos equipos de calidad dentro del área de servicio, uno conformados por los técnicos y otro del personal administrativo, los equipos quedaron integrados entre 3 y 10.

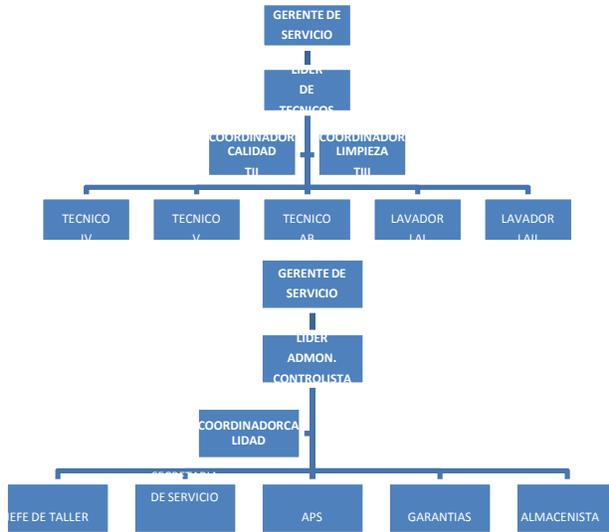


Figura 1. Organigrama del equipo de técnicos

Figura 2. Organigrama del equipo integrado por el personal administrativo

Los problemas detectados fueron afrontados con la realización de los equipos de calidad. Para el desarrollo del proyecto se siguieron los ocho pasos para la solución de un problema:

1. Encontrar un problema.
2. Buscar todas las posibles causas.
3. Investigar cual es la causa más importante.
4. Considerar las medias remedios.
5. Poner en práctica las medias remedio.
6. Revisar los resultados obtenidos.
7. Prevenir la recurrencia del mismo problema
8. Conclusión

Elaboración de procedimientos

El manual de procedimientos es un componente del sistema de control interno, los cuales se deben de crear para obtener una información detallada, ordenada, sistemática e integral que contengan todas las instrucciones, responsabilidades e información sobre políticas, funciones, sistemas y procedimientos de las distintas operaciones o actividades que se realizan dentro del taller. Por lo que la empresa en su proceso de mejorar el sistema de gestión de calidad, debía contar con todos los procedimientos para cada puesto de trabajo, los cuales son los que forman el pilar para poder desarrollar adecuadamente sus actividades, estableciendo responsabilidades a los encargados de las todas las áreas, generando información útil y necesaria, estableciendo medidas de seguridad, control y autocontrol y objetivos que participen en el cumplimiento con la función de la empresa.

A pesar de que ya se contaba con algunos procedimientos, no se tenían los de puestos de trabajo importantes. Por lo tanto con colaboración del personal que desempeña la función, se llevó a cabo la realización de los manuales de procedimiento faltantes, esto se hizo de esta forma con la finalidad de que sus usuarios se sintieran familiarizados ya que finalmente son estos quienes ejecutan el trabajo, sin perder de vista su estructura idónea.

III. COMENTARIOS FINALES

Se logró analizar el Sistema de Gestión de Calidad, por medio del estudio de sus principales elementos: La estructura de la organización, la estructura de responsabilidades, procedimientos y procesos. Se conocieron los indicadores del Índice de Satisfacción del Cliente, por medio del reporte que se arroja cada mes de las entrevistas que realiza el departamento de mercadotecnia, esto se realizó con la finalidad de tener conocimiento de cómo los clientes califican el servicio que se les realiza a sus vehículos y las atenciones que reciben los clientes por parte del personal del taller. Así mismo con dicho reporte se permitió conocer deficiencias específicas de algunos puestos de trabajo.

Se vio que la organización inspirada en el nuevo modelo, exige una comunicación constante, compartir ideas y coordinar actividades, y para conseguirlo se necesitan relaciones estrechas entre los empleados, por lo que una de las condiciones básicas para lograr la transformación hacia la calidad es el trabajo en equipo, es por ello que se crearon Equipos de Calidad, una metodología que ayudo a la empresa a resolver sus problemas.

El cumplimiento de esto se vieron reflejados en los últimos reportes del ISC, ya que antes de la implementación de las soluciones, el resultado promedio de dicho reporte por trimestre era del 64.8% de satisfacción de los clientes, lo cual significaba un gran descontento por parte de los directivos de la empresa y posterior a esto se vio una mejoría representativa promedio en el próximo trimestre del 83.1%. Es importante mencionar que los resultados de dicho reporte son dados cada mes, por lo que se espera que con el paso del tiempo, el incremento de la satisfacción del cliente sea aun mayor. También con el desarrollo de éste trabajo se permitió ver claramente que, para que en las organizaciones se realicen cambios de fondo que les permitan alcanzar una mayor competitividad y eficiencia, es necesario que esto se desee. Es decir, es necesario que existan directivos con grandes deseos de progreso, que puedan idealizar y soñar una mejor organización.

IV. REFERENCIAS

Cárdenas Herrera, « *Como Lograr la Calidad en bienes y servicio* », 2th Edición. Editorial Limusa SA. DE CV., 1999

Chiavenato, Idalberto, « *Introducción a la teoría general de la administración* », McGraw-Hill, 1995

COTENNSISCAL, « *Norma ISO 9000:2000, Sistemas de Gestión de Calidad fundamentos y vocabulario* », Instituto Mexicano de Normalización y Certificación., México, 2001.

Humberto Gutiérrez Pulido, « *Calidad Total y Productividad* », McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A DE C.V. Marzo del 2004

ISO 19011:2002 COPANT/ISO 19011-2002 NMX-CC-SAA-19011-IMNC-2002 « *Directrices para la auditoria de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental* », Instituto Mexicano de Normalización y Certificación., México, 2002.

López Rodríguez, Vicente. Revista UPIICSA « *Las dimensiones esenciales de la motivación* », Año.2. Vol.1. Nr.3. p 24-35. Tecnología, Ciencia y Cultura. México. Editora Nueva Época

M.E. Mundel, « *Estudio de Tiempos y Movimientos* », Continental, 1984

Niebel, Benjamín, « *Ingeniería Industrial. Estudio de Tiempos y Movimientos* ». AlfaOmega,1996

Ramírez Cavassa, Cesar. « *Seguridad Industrial. Un enfoque integral* ». Ed. Limusa. México 1996. 506 p.

William W Scherkenbach, « *La Ruta Deming a la calidad y a la productividad* », Vías y Barreras, 1th Edición. Editorial Continental, SA. DE CV. México 1992

I.I. Linda García Rodríguez Licenciatura en Ingeniería Industrial cursada en el Instituto Tecnológico de Orizaba, actualmente cursando el tercer nivel de la Maestría en Ingeniería Industrial con la especialidad en Calidad. Experiencia en el área de moldes de la empresa Sílices de Veracruz de S.A de C.V., donde estuvo encargada del control del personal y auxiliar del control estadístico, así como del manejo de los sistemas Kronos y SAP. Laboró en la empresa Sabritas S.A. de C.V., en el área de Información y Análisis, departamento Servicio a Ventas, como Analista de Cartón, manejo de sistemas OMS y R11 y en el área de Tráfico de la misma empresa en el departamento de Captura, manejo de sistemas R11 y SAT (sistema de tráfico).

I.S.C. Darío Fuentes Guevara Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales cursada en la Universidad del Valle de Orizaba, actualmente cursando el tercer nivel de la Maestría en Ingeniería Industrial con la especialidad en Calidad. Responsable de compras, ventas y

manejo de personal, relación con proveedores e inventarios en la empresa Plomería y Acabados Santa Rosa, En la imprenta y Distribuidora de Oriente en la ciudad de México como el encargado de Logística, manejo de inventarios y control de calidad de producto terminado .

Dr. Luis Carlos Flores Ávila Licenciatura en Químico Industrial en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana. Posteriormente se graduó como Maestro en Administración de Empresas en la Universidad de las Américas, Puebla, Puebla. Realizo estudios de Doctorado en Ciencias Administrativas en el Instituto Politécnico Nacional. Actualmente es Profesor de Licenciatura, Maestría y Doctorado en Ingeniería Industrial y Maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Orizaba. Coordinador del Programa de Innovación y Calidad (PIC) y de la implantación de ISO 9000. Representante de la Dirección (RD) en el SGC del ITO. Asesor en sistemas de calidad del Grupo Industrial FEMSA. Gerente General de la empresa de productos químicos “Protéctor”

Aplicación de herramientas de Ingeniería Industrial para seleccionar comunidades para la inversión de fondos federales

Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez¹, Iván Espíritu Castro², Gustavo Alvarado Kinnell³ y Flores Ávila Luis Carlos⁴

Resumen—En México Sedesol, estableció un programa de ayuda a comunidades marginadas del país, en el que establece seis vertientes de trabajo: infraestructura, educación, generación de empleo, vivienda, salud y medio ambiente; tres inciden directamente en el Índice de Desarrollo Humano (IDH) de la población. Para la realización de proyectos en las comunidades que conforman un municipio, la disponibilidad que se tiene de recursos es una gran limitante, ya que no necesitan la inversión en el mismo rubro ni con la misma intensidad. Es necesario establecer criterios para poder definir a cuál apoyar en primer lugar. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos con respecto a la vertiente educación, en el rubro escuelas del municipio de Xoxocotla, Ver., en los que a partir de la obtención del IDH de cada comunidad, se obtiene el listado priorizado de las comunidades más necesitadas de inversión. Hay dos modos fundamentales de pensar sobre los lazos que unen a los seres humanos entre sí, uno tiene por base la idea del hombre como animal político, el otro, la del hombre como animal social. El primero crea las instituciones propias de la sociedad política y el segundo crea las instituciones propias de la sociedad civil, pudiéndose añadir otras dos que son el mercado y la opinión pública

Palabras claves—Ingeniería Industrial, Comunidades, Fondos Federales

INTRODUCCIÓN

Se habla de desarrollo humano cuando aumentar las opciones para todos los habitantes de un país o región en diversos ámbitos como lo son el educativo, laboral, material, recreativo y cultural, es uno de los principales objetivos de un programa y/o gobierno⁵.

La situación de un país con respecto al desarrollo humano de sus habitantes se valora mediante el llamado Índice de Desarrollo Humano o IDH, este parámetro es medido por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), y su uso tiene como objetivo obtener un diseño de políticas de desarrollo efectivas.

¹ La Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez, es profesora investigadora en el área de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba y profesora de cátedra en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Central de Veracruz, Veracruz, México mgurruchaga@itesm.mx, mgurruchaga@itorizaba.edu.mx (**autor corresponsal**)

² El Ing. Iván Espíritu Castro, es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Central de Veracruz, Veracruz, México iespiritu@itorizaba.edu.mx

³ El M. C. Gustavo Alvarado Kinnell es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Central de Veracruz, Veracruz, México iespiritu@itorizaba.edu.mx

⁴ El Dr. Luis Carlos Flores Ávila es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Central de Veracruz, Veracruz, México iespiritu@itorizaba.edu.mx

⁵ **El desarrollo humano: definición e importancia de su promoción.** Grupo DEL.CEIDIR. *Publicación electrónica sobre Desarrollo Económico Regional y Local.* REVISTA DEL FORO CEIDIR No 1. 2001 <http://perso.wanadoo.es/delocalmx/ceidirm1.htm>

A continuación se transcribe la definición dada por PNUD para el Índice de Desarrollo Humano (IDH)¹: El IDH es una medida sinóptica del desarrollo humano. Mide el progreso medio de un país en tres aspectos básicos del desarrollo humano:

- ✚ Disfrutar de una vida larga y saludable, lo que se mide a través de la esperanza de vida al nacer.
- ✚ Disponer de educación, lo que se mide a través de la tasa de alfabetización de adultos (con una ponderación de dos tercios) y la tasa bruta combinada de matriculación en primaria, secundaria y terciaria (con una ponderación de un tercio).
- ✚ Tener un nivel de vida digno, lo que se mide a través del PIB per cápita (PPA en USD).

El valor del IDH en México y en la región Sur del país se presenta en el cuadro 1, y los correspondientes al estado de Veracruz en el cuadro 2, es de hacer notar que cuando se profundiza en los valores de este índice se encuentra que es muy grande la dispersión existente entre los diferentes estados y ciudades del país, por lo cual se lanza el programa 100x100², con el cual se busca desarrollar los rezagos sociales en los municipios con menor índice de desarrollo social y humano, multiplicando las oportunidades de desarrollo, incrementando la productividad y el empleo y mejorando la calidad de vida. Para ello se designa a la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la cual implementa el programa para el Desarrollo Local (Microrregiones)³, el cual tiene como objetivo contribuir a la reducción de las desigualdades regionales a través de una política de desarrollo territorial integral de las regiones con mayor marginación o rezago del país, buscando la corresponsabilidad de la población y de los tres órdenes de gobierno para lograr un desarrollo integral -social, económico y humano- de su población, buscando, entre otros objetivos el de crear o mejorar la infraestructura social básica y de servicios, para ello el programa se dirige principalmente a los municipios de alta y muy alta marginación y predominantemente indígenas.

año	IDH México	IDH región
1999	0.786	
2000	0.784	0.7472
2001	0.790	
2002	0.796	
2004		0.742
2005	0.829	

Tabla No. 1 Valores de IDH en México y en la región Sur.2002, 2004 y 2006

año	IDH Veracruz	Esperanza de vida en el estado	Educación en el estado	PIB en el estado.
2000	0.7457	0.8098	0.7677	0.6042
2004	0.7498	0.8118	0.7819	0.6434

Tabla No. 2 Valores de IDH en Veracruz.

Como todo programa de gobierno, el de Desarrollo Local posee un presupuesto para atender a todas las comunidades en cada estado de la República Mexicana por lo cual, es prioritario poder establecer criterios para definir a qué comunidad se le apoyará primero y en qué vertiente.

¹ Nota Técnica No 1. Informe sobre desarrollo humano. PNUD, 2003

² Información obtenida de la página web de la Secretaría de Desarrollo Social <http://www.sedesol.gob.mx>

³ <http://www.sedesol.gob.mx> Liga en página de inicio

La matriz de priorización es una de las denominadas siete herramientas administrativas, o siete nuevas herramientas de calidad, el concepto que maneja se ha ampliado entre otros a la elaboración de matrices de responsabilidad y el despliegue de la función de calidad (QFD). Es una herramienta altamente efectiva cuya finalidad es la determinación de los criterios con los cuales se puede calificar diferentes ítems, para de ahí determinar cuál es el más o menos importante, uno de sus aspectos importantes es que no es indispensable tener datos numéricos para realizar la determinación de los criterios y la priorización de los factores.

Janet M Kelly, David Swindell (2002), indican que se debe realizar un análisis entre las medidas de gestión administrativa y las percepciones de los ciudadanos, en relación con el desempeño de medición de programas como parte de un enfoque de múltiples indicadores para evaluar la calidad de los servicios municipales, pero consideran que comprender las percepciones requiere de una perspectiva diferente a la de medición de rendimiento de los diferentes servicios.

Lisa D McNary (2008) explica como el gobierno de Columbia, utiliza la gestión de la calidad como un método para la racionalización de las oportunidades mediante el análisis de los datos con herramientas de mejora de la calidad, como una manera de incrementar la eficiencia y la eficacia de los procesos administrativos.

Polonca Kovac, Nina Tomazevic. Nase Gospodarstvo (2009) comentan que las administraciones públicas nacionales se han visto obligadas a adaptarse a los cambios sociales en todo el mundo y cómo han desarrollado sus actividades utilizando las herramientas de calidad, e indican la situación y perspectiva de la gestión de la calidad en algunos miembros de la Unión Europea como son Austria, Bélgica, Dinamarca e Italia, terminando con un conjunto de instrucciones para el desarrollo de la calidad en la administración pública de Eslovenia.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Este trabajo se desarrolla en el municipio de Xoxocotla, Veracruz, el cual cuenta con las siguientes comunidades: Tenexapa, Tlilcalco, Xolihua Mezcanztitla, Tecoaque, Tecalatzompa, Cuichtepec, Tula, Tepeyolulco, Zolihua y la cabecera municipal que posee el mismo nombre que el municipio.

El proceso se inicia diseñando hojas de control para cuantificar las condiciones que tienen las 18 escuelas del municipio, los rubros que se evaluaron son: condiciones del edificio (piso, techos, paredes), condiciones del mobiliario (pupitres, biblioteca, pizarrón), baños, comedores, seguridad en el acceso y espacios recreativos.

Se analizan los resultados obtenidos de la recolección de datos y se establecen los criterios de priorización, esto es, se le da un valor a los diferentes niveles existentes en cada rubro en el tabla 3 se presentan los resultados de la priorización de las escuelas primarias y en la tabla 4 los de las escuelas de jardín de niños.

COMUNIDAD	PAREDES	TECHO	PISO	SANITARIOS	ESPACIOS	SEGURIDAD	ACCESO
Xoxocotla P	2	1	2	2	0	1	3
Llano GrandeP	2	2	2	0	1	1	1
MazituayaP	2	1	2	2	1	1	3
CuixtepecP	2	2	2	1	0	1	0
Tlilcalco	2	2	2	6	1	1	1
Pericon P	2	1	2	4	1	1	1
TepeyolulcoP	2	2	2	6	0	0	2
TenexapaP	2	1	2	6	1	1	1
TecalatzompaP	2	2	2	4	0	1	1
ZolihuaP	2	2	2	1	1	0	3
TulaP	2	1	2	2	0	1	2
TecoaqueP	2	2	2	1	1	0	1

Tabla 3 Resultados de priorización de las escuelas primarias del municipio de Xoxocotla, Ver.

COMUNIDAD	PAREDES	TECHO	PISO	SANITARIOS	ESPACIOS	SEGURIDAD	ACCESO
Xoxocotla	2	2	2	4	0	1	3
Llano Grande	0	1	0	2	1	1	2
Mazituaya	2	2	2	1	0	0	0
Cuixtepec	0	1	0	0	0	0	0
Tlilcalco	2	1	2	4	1	1	3
Tenexapa	2	2	2	2	0	0	0
Tecalatzompa	0	1	0	2	0	0	0
Zolihua	0	1	0	1	0	0	1
Tula	0	0	0	2	0	1	1

Tabla 4 Resultados de priorización de las escuelas de jardín de niños del municipio de Xoxocotla, Ver.

Se efectúa la evaluación y se clasifican las comunidades en prioridad máxima, media o urgente, estos resultados se presentan en la tabla 5 para escuelas primarias y en la tabla 6 los jardines de niños.

NIVEL	COMUNIDAD	PRIORIDAD
PRIMARIA	Cuixtepec	?
	Xoxocotla	?
	Llano Grande	?
	Tecoaque	?
	Tula	?
	Zolihua	?
	Mazituaya	?
	Tlilcalco	?
	Pericón	?
	Tecalatzomp a	?
	Tenexapa	?
	Tepeyolulco	?

? **prioridad máxima**

? **prioridad media**

? **prioridad baja**

Tabla 5 Prioridades para escuelas primarias

NIVEL	COMUNIDAD	PRIORIDAD
JARDIN DE NIÑOS	Cuixtepec	▲
	Tecalatzomp a	▲
	Zolihua	▲
	Tula	▲
	Llano Grande	▲
	Mazituaya	▲
	Tenexapa	▲
	Xoxocotla	▲
	Tlilcalco	▲

▲ **prioridad máxima**

▲ **prioridad media**

▲ **prioridad baja**

Tabla 6 Prioridades para jardines de niños

COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

Los resultados obtenidos permiten direccionar los esfuerzos y las inversiones a las comunidades que más lo necesitan, permitiendo que aspectos subjetivos puedan ser priorizados y tomar decisiones objetivas.

Conclusiones

La Ingeniería Industrial a lo largo de su historia ha planteado, probado, utilizado y mejorado una gran cantidad de técnicas y herramientas, las cuales pueden ser utilizadas no sólo en el ámbito industrial sino en el social y gubernamental.

La matriz de priorización como herramienta de Ingeniería Industrial, puede ser sumamente útil para demostrar que la toma de decisiones es objetiva.

Recomendaciones

Ampliar los trabajos de aplicación en diferentes ámbitos gubernamentales y sociales.

REFERENCIAS

Lisa D McNary Quality Management in the Public Sector: Applying Lean Concepts to Customer Service in a Consolidated Government Office. Public Administration Quarterly. Randallstown: Summer 2008. Vol. 32, Iss. 2; p. 282 (22 pages)

. Janet M Kelly, David Swindell. A multiple-indicator approach to municipal service evaluation: Correlating performance measurement and citizen satisfaction across jurisdictions. Public Administration Review. Washington: Sep/Oct 2002. Vol. 62, Iss. 5; p. 610 (12 pages)

Polonca Kovac, Nina Tomazevic. Nase Gospodarstvo Quality Management in Selected European Public Administrations/Menedzment Kakovosti V Izbranih Evropskih Javnih Upravah: Ng. Maribor: 2009. Vol. 55, Iss. 1/2; p. 103 (10 pages)

Gurruchaga Rodríguez Ma. Eloisa, Alvarado Kinnell Gustavo, Espíritu Castro Iván, Flores Ávila Luis Carlos. Informe técnico “Plan de Gran Visión del Municipio de Xoxocotla” Sedesol, 2007.

Nota Técnica No 1. Informe sobre desarrollo humano. PNUD, 2003

Información obtenida de la página web de la Secretaria de Desarrollo Social <http://www.sedesol.gob.mx>

<http://www.sedesol.gob.mx> Liga en página de inicio

El desarrollo humano: definición e importancia de su promoción. Grupo DEL.CEIDIR *Publicación electrónica sobre Desarrollo Económico Regional y Local.* REVISTA DEL FORO CEIDIR No 1. 2001 <http://perso.wanadoo.es/delocalmx/ceidim1.htm>

Evaluación experimental de un algoritmo basado en sección dorada para el problema de reaprovisionamiento conjunto

Salvador Hernández González¹, Armando J. Ríos Lira², Miguel A. Gutiérrez Andrade³

Resumen—El problema de reaprovisionamiento multiproducto ha sido estudiado por más de 20 años y existen varios algoritmos heurísticos para resolver instancias de este problema. En este reporte, se implementa un nuevo algoritmo de Búsqueda basado en Sección Dorada, esta estrategia fue implementada para resolver instancias del problema y se comparó el desempeño contra la técnica heurística RAND, los resultados preliminares obtenidos muestran el nuevo procedimiento tiene un desempeño comparable en calidad de la solución.

Palabras claves—inventarios, control de la producción, métodos numéricos, optimización, heurísticas.

I. INTRODUCCIÓN

El inventario se emplea en la mayoría de las empresas de manufactura, servicios, y distribución, debido a que es un factor básico en la medición del desempeño de la rentabilidad de una empresa. Sin embargo, frecuentemente las necesidades de controlar el inventario van más allá de un producto o de un solo proveedor. Una tendencia común hoy en día, consiste en reducir el número de entidades que suministran los recursos en una empresa, de tal forma que el distribuidor proporcione la mayor cantidad de suministros en lugar de hacerlo cada uno por separado. Al problema de determinar la frecuencia de producción o pedido de varios productos se le conoce como problema de reaprovisionamiento conjunto (Joint replenishment problem, JRP). Este problema es muy importante en control de inventarios y ha sido estudiado profusamente en los últimos 20 años, sin embargo persisten algunos problemas concernientes a los métodos de solución propuestos y que han motivado el diseño de nuevas técnicas. (Goyal, 1974)

Los métodos desarrollados son numerosos, siendo el trabajo de Goyal (1974) el primero donde se reporta un algoritmo para encontrar el óptimo; sin embargo al ser de enumeración exhaustiva el tiempo de ejecución puede hacerlo prohibitivo, las modificaciones a este algoritmo se han enfocado en encontrar nuevas cotas pero continúan empleando la misma estrategia de búsqueda y esto ha generado la necesidad de continuar desarrollando alternativas de cálculo empleando procedimientos heurísticos (ver por ejemplo Viswanathan (1996)). En Silver (1976) se reporta un procedimiento heurístico basado en la comparación de los costos de activación con la demanda; en Kaspi y Rosenblatt (1983) se presenta otro algoritmo heurístico consistente en mejoras al procedimiento de Silver. Posteriormente en Kaspi y Rosenblatt (1991) se establecen nuevas mejoras y proponen el algoritmo conocido como RAND que es una técnica heurística muy eficiente para este problema. Estudios sobre el desempeño de los algoritmos son diversos, el lector puede revisar los trabajos de Kaspi y Rosenblatt (1985) o Viswanathan (2002). También se han realizado algunas implementaciones de técnicas meta-heurísticas: Algoritmos Genéticos en los trabajos de Khouja, Michalewicz y Satoskar (2000) y de Olsen (2005) sin embargo los resultados son diversos y el principal problema es el rápido deterioro de la calidad de la solución a medida que se incrementa el tamaño de la instancia.

¹ Salvador Hernández González profesor investigador de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Guanajuato . shdezg@yahoo.com.mx (autor correspondiente)

² Armando J. Ríos Lira es profesor investigador de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, larousse2010@hotmail.com

³ Miguel A. Gutiérrez Andrade es investigador de tiempo completo en la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, México, D.F, gamma@xanum.uam.mx

II. MODELO DE COSTO DEL PROBLEMA DE REPROVISIONAMIENTO CONJUNTO

El problema de reaprovisionamiento multiproducto consiste en determinar las frecuencias de pedido k_i de varios productos así como un ciclo base de tiempo para realizar dichos pedidos T , ya que agrupar dos o más productos en una misma orden permite obtener ahorros en costo (costos de pedido y de almacenamiento). El problema planteado como uno de optimización es el siguiente:

$$\min CT = \frac{1}{T} \left(A + \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{k_i} \right) + \frac{T}{2} \sum_{i=1}^n k_i D_i h_i$$

sujeta a :

$$T > 0; k_i \geq 1, \forall i = 1, 2, \dots, n,$$

$$k_i, \text{ enteros}$$
(1)

Donde C_T : costo total anual, A : costo de activación mayor, a_i : costo de activación individual, n : numero de productos, D_i : demanda individual anual, h_i : costo individual de acarreo de inventario, T : ciclo base de tiempo, k_i : frecuencia individual de planeación que se define como un múltiplo entero del ciclo base de tiempo $k_i T = T_i$. El modelo de optimización es no convexo, cabe señalar que se al fijar los valores de k , la función es convexa en T ; de hecho para cada combinación de k existe un valor de T que minimiza el costo.

III. MÉTODO DE SECCIÓN DORADA

El método de sección áurea o sección dorada, es un procedimiento de búsqueda secuencial que utiliza la información de iteraciones previas para obtener nuevos puntos, otros métodos similares son el Método de Fibonacci y el Método de la Dicotomía. El procedimiento surge cuando en el algoritmo de búsqueda de Fibonacci el número de puntos de medición se hace tender al infinito; en otras palabras, se genera una sucesión de intervalos de incertidumbre cuyas anchuras tienden a cero más rápido que por otros métodos. En esta clase de métodos sólo se requiere que la función sea cuasi-convexa dentro de un intervalo $[a, b]$ que es donde se supone que se encuentra al mínimo de la función. En el método de Sección Dorada, el intervalo de incertidumbre se reduce en la misma proporción α en cada iteración; para obtener el nuevo intervalo de incertidumbre únicamente es necesario realizar una sola evaluación en cada iteración donde a cada iteración el intervalo de incertidumbre se reduce en una proporción $\alpha = 0.618$ y se le conoce como Sección Dorada (Bazaraa, Sherali, Shetty 2007)

IV. IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO

Función de costo

En la ecuación (1) se sustituyó el ciclo base de tiempo por la frecuencia $N = 1/T$ obteniéndose la ecuación (2); si bien es posible emplear la ecuación de costo que se puede obtener en función de los valores de k 's, resolver el problema por esta vía no es recomendable a menos que se desarrolle un método que no requiera enumera de manera exhaustiva las soluciones dada la cantidad de combinaciones posibles en los valores de k . La función de costo tiene una forma como la de la

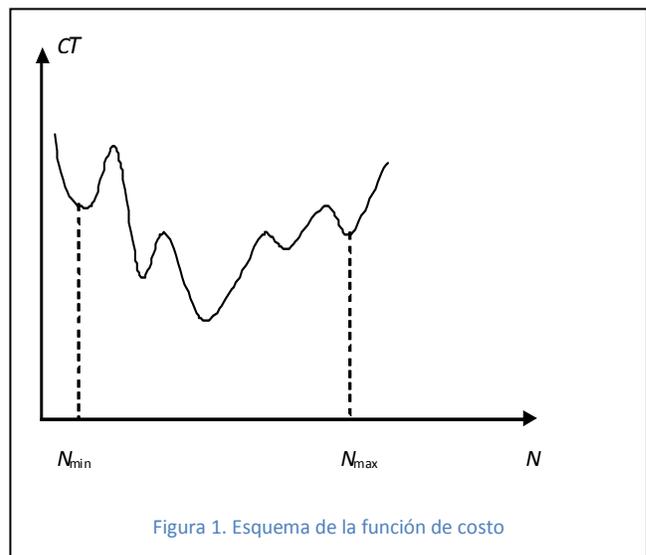


figura 1, se observa que existe un valor N al que le corresponde una combinación de valores k óptimos que minimizan el costo.

$$CT(T, k_1, k_2, \dots, k_n) = N \left(A + \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{k_i} \right) + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2N} k_i D_i h_i \quad (2)$$

La estrategia del algoritmo RAND consiste en dividir el intervalo de búsqueda en varios segmentos más pequeños (los autores recomiendan un máximo de 10); para cada segmento se realiza una búsqueda de los valores de k hasta que no hay cambios en dos iteraciones sucesivas y a continuación se evalúa el costo. La propuesta de un máximo de 10 segmentos está basada en el hecho de que no hay mejoras importantes aún si se incrementa el número de segmentos (Kaspi y Rosenblatt (1991), Khouja, Michalewicz y Satoskar (2000)). En este reporte se propone como estrategia, explorar cada segmento mediante Sección Dorada y obtener una solución más aproximada del óptimo, sólo basta definir el parámetro del intervalo de incertidumbre l y obtener el costo de los m segmentos (Figura 2).

Número de segmentos

Al fijar el intervalo de búsqueda, se debe dividir en segmentos de tamaño δ para hacer más eficiente la búsqueda. El tamaño de cada segmento se calcula mediante (3).

$$\delta = \frac{(N_{\max} - N_{\min})}{m} \quad (3)$$

Espacio de soluciones

La variable de decisión será la frecuencia $N = 1/T$; mediante (4) se puede obtener la cota superior para el valor de N que corresponde a la frecuencia natural de pedido; la cota inferior se obtiene mediante (5) donde los n productos tienen un valor de $k = 1$ que equivale a que en cada ciclo se piden todos los productos:

$$N_{\max} = \max_i \left(\frac{D_i h_i}{2a_i} \right)^{1/2} \quad (4)$$

$$N_{\min} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n D_i h_i}{2 \left(A + \sum_{i=1}^n a_i \right)} \right] \quad (5)$$

Inicio

obtenga $[N_{\min}, N_{\max}]$

Defina el numero de segmentos $m > 0$;

$1 \rightarrow s$

Hacer Encuentre el mínimo del segmento

Defina $l > 0$

$1 \rightarrow r$

$a_{1,1} = N_{\min}, b_{1,1} = a_{1,1} + \delta$

Evalúe $\rho_{r,s} = a_{r,s} + (1-\alpha)(b_{r,s} - a_{r,s})$; $\zeta_{r,s} = a_{r,s} + \alpha(b_{r,s} - a_{r,s})$

Obtenga los valores de $k(\rho_{r,s})$ y $k(\zeta_{r,s})$ mediante (6) y (7)

Evalúe $f(\rho_{r,s})$; $f(\zeta_{r,s})$

Paso principal

1. Si $b_{r,s} - a_{r,s} > l$ entonces alto = cierto, x^* se encuentra dentro del intervalo $[a_{r,s}, b_{r,s}]$, si

$f(\rho_{r,s}) > f(\zeta_{r,s})$ entonces ir a paso 2

2. Hacer $a_{r+1,s} = \rho_{r,s}, b_{r+1,s} = b_{r,s}$

$\rho_{r+1,s} = \zeta_{r,s}, \zeta_{r+1,s} = a_{r+1,s} + \alpha(b_{r+1,s} - a_{r+1,s}), f(\zeta_{r+1,s})$, ir a paso 4

3. Hacer $a_{r+1,s} = a_{r,s}, b_{r+1,s} = \zeta_{r,s}$

$\zeta_{r+1,s} = \rho_{r,s}, \rho_{r+1,s} = a_{r+1,s} + (1-\alpha)(b_{r+1,s} - a_{r+1,s}), f(\rho_{r+1,s})$, ir a paso

4

4. $r = r+1$, repite paso 1

Repite

$s = s+1$

$a_s = b_s, b_s = a_s + \delta$

Repite hasta $s = m$

Valores de k

Al fijar el valor N es posible obtener los valores óptimos de k que minimizan el costo mediante las ecuaciones propuestas en Goyal (1974) de la siguiente manera:

$$\sqrt{k_i(k_i - 1)} \leq k_i(N) \leq \sqrt{k_i(k_i + 1)} \quad (6)$$

$$\text{donde } k_i(N) = T_i N, \text{ y } T_i = \left[\frac{2a_i}{D_i h_i} \right]^{1/2} \quad (7)$$

V. RESULTADOS

Ambos algoritmos se programaron en FORTRAN 94 y las corridas se realizaron en una PC con procesador Intel-Cetrino a 1.7 Ghz y 512 MB de memoria RAM. Las instancias se generaron de forma aleatoria para $n = 10, 20, 30, 50$ y 100 productos; la demanda se generó en el intervalo (100-100,000), los costos de acarreo se generaron en el intervalo (0.5- 5) y los costos de activación en el intervalo (2-3). Se generaron instancias para valores de costo de activación mayor $A = 5, 10, 15, 20$ y 30 . Se generaron 100 instancias por cada combinación de n y A , en total se resolvieron 2500 problemas.

El objetivo principal del experimento fue medir el desempeño del algoritmo sección dorada comparando la solución obtenida con respecto a la que se obtiene con el algoritmo RAND; se experimentó con distintos valores para $m = 1, 10, 50, 100$. Las 2500 instancias se resolvieron tanto con el algoritmo RAND como el algoritmo Sección Dorada; los resultados se clasificaron como sigue: frecuencia de instancias donde $TC_{SD} = TC_{RAND}$ (problemas tipo I), frecuencia de instancias donde $TC_{SD} < TC_{RAND}$ (problemas tipo II) y frecuencia de instancias donde $TC_{SD} > TC_{RAND}$ (problemas tipo III); de aquí en adelante emplearemos esta clasificación para el análisis de los resultados.

Problemas	Número de segmentos			
	1	10	50	100
Tipo I	1870 (74.8)	2077 (83.08)	2311 (92.44)	2401 (96.04)
Tipo II	57 (2.28)	69 (2.76)	74 (2.96)	81 (3.24)
Tipo III	573 (22.92)	354 (14.16)	115 (4.6)	18 (0.72)

Cuadro 1. Resultados obtenidos con el algoritmo de sección dorada con distinto numero de segmentos al

En el cuadro 1 y en la figura 4 se muestra para cada tipo de problema su frecuencia de acuerdo al numero de segmentos en los que se dividió el intervalo y entre paréntesis el resultado expresado en forma de %. Como se puede apreciar de entrada el número de problemas tipo I es elevado para todos los casos, ahora bien, con respecto a los problemas tipo II a medida que se incrementa el número de segmentos, el algoritmo sección dorada es capaz de encontrar una solución de menor costo que el algoritmo RAND, esto es debido a que conforme se divide en intervalos más pequeños el espacio de búsqueda, sección dorada es capaz de aproximar para ciertos problemas una solución mejor que el algoritmo RAND, el porcentaje va desde 2.28% hasta un 3.24% al emplear 100 segmentos. Por otro lado con respecto a los problemas tipo III, para 1, 10 y 50 segmentos el porcentaje de problemas tipo III es mayor al de problemas tipo II en otras palabras es mayor el número de problemas

donde el algoritmo RAND devuelve mejor costo, sin embargo al emplear 100 segmentos los papeles se invierten y el % de problemas tipo III ya se encuentra muy por debajo del de problemas tipo II. Con respecto a los problemas II y III, se determinó la desviación del resultado obtenido con el algoritmo de sección dorada con respecto al que devuelve el algoritmo RAND y verificar de ésta manera, sobre todo para los problemas tipo III, qué tan mala fue efectivamente dicha solución (cuadro 2). Para los problemas tipo III el % de desviación empieza en 0.17% con 1 segmento, y comienza a disminuir obteniéndose 0.029% con 10 segmentos, 0.0018% (0.69 unidades) con 50 segmentos y 0.0013 % (0.83 unidades de costo) al emplear 100 segmentos. Para los problemas tipo II el % de desviación presenta pocas variaciones: en promedio 0.006% de mejora.

Desviación (%)	Número de segmentos			
	1		10	
	Tipo II	Tipo III	Tipo II	Tipo III
Promedio	0.006614	0.17	0.006466	0.02079
	50		100	
Promedio	0.00669	0.0018	0.00619	0.0004

Cuadro 2. Desviación promedio con distinto numero de segmentos

VI. COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

En este trabajo se estudió un nuevo algoritmo de búsqueda para el problema de reaprovisionamiento conjunto; dicho problema se ha estudiado por más de 20 años y existen diversos procedimientos de cálculo para determinar la frecuencia de pedido de un grupo de productos. El método propuesto en esta investigación se basa en el procedimiento conocido como sección dorada cuya principal característica es realizar la búsqueda dentro de un espacio de soluciones disminuyendo en cada iteración el intervalo de incertidumbre donde se encuentra el mínimo; se trata de un problema no convexo por lo que para perfeccionar la búsqueda se estudió también el efecto de dividir dicho intervalo en varios segmentos, los resultados se clasificaron de acuerdo a la calidad de la solución devuelta. La comparación se hizo contra un procedimiento heurístico conocido como RAND el cual es de los más eficientes para este problema. Los resultados muestran que el nuevo algoritmo devuelve soluciones comparables en calidad al algoritmo RAND y a medida que se incrementa el número de segmentos la calidad de las soluciones mejora de manera notoria.

Conclusiones

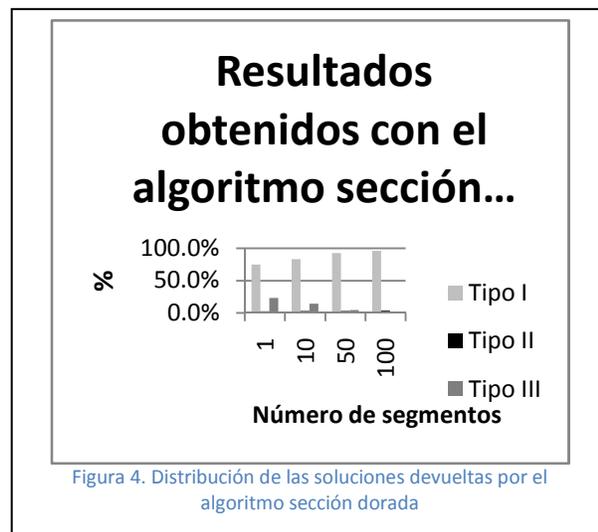


Figura 4. Distribución de las soluciones devueltas por el algoritmo sección dorada

En las pruebas realizadas con el algoritmo de sección dorada, se observó que su desempeño depende en gran medida del número de segmentos que deba evaluar. A medida que se incrementa dicho número, la calidad de las soluciones se ve beneficiada llegando inclusive a mejorar la calidad de que pueden obtenerse con la heurística RAND. Es importante señalar que dicha mejora tiene un costo computacional ya que incrementar el número de segmentos impacta directamente sobre el tiempo de ejecución del algoritmo.

Recomendaciones

El algoritmo puede modificarse para incorporar mejoras como podrían ser las cotas para el espacio de soluciones, éstas cotas pueden mejorar el desempeño del algoritmo ya que requerirá menos tiempo para evaluar la solución o bien modificar los criterios de paro. También se podría implementar el algoritmo en otro problema similar conocido como Tamaño Económico de lote (ELSP por sus siglas en inglés).

VII. REFERENCIAS

- Bazaraa, Mokhtar; Sherali, Hanif; Shetty, C.M. "Nonlinear programming: theory and algorithms". Wiley ed. USA. 2007
- Goyal, S.K. "Determination of optimum packaging frequency for items jointly replenished". *Management Science*, Vol. 21, No. 4, December, 1974.
- Kaspi, Moshe; Rosenblatt, Meir J. "An improvement of Silver's algorithm for the joint replenishment problem". *IIE Transactions*, Vol. 15, No. 3, 1983.
- Kaspi, Moshe; Rosenblatt, Meir J. "On the economic ordering quantity for jointly replenished items". *International Journal of Production Research*, Vol. 29, No. 1, January, 1991.
- Kaspi, Moshe; Rosenblatt, Meir J. "The effectiveness of heuristic algorithms for multi-item inventory systems with joint replenishment costs". *International Journal of Production Research* Vol. 23, No. 1, January, 1985.
- Khouja, Moutaz; Michalewicz, Zbigniew; Satoskar, Sandeep. "A comparison between genetic algorithms and the RAND method for solving the joint replenishment problem". *Production, planning and control*, Vol. 11, No. 6, September, 2000.
- Myers, Raymond H; Montgomery, Douglas C. "Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments". New Jersey, USA: John Wiley & Sons; 2002. pp. 73 – 113.
- Olsen, Anne L. "An evolutionary algorithm to solve the joint replenishment problem using direct grouping". *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 48, No. 2, March, 2005.
- Silver, Edward. "A simple method of determining order quantities in joint replenishments under deterministic demand". *Management Science*, Vol. 22, No. 12, August, 1976.
- Viswanathan, S. "A new optimal algorithm for the joint replenishment problem". *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 47, No. 7, July, 1996.
- Viswanathan, S. "On optimal algorithms for the joint replenishment problem". *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 53, No. 11, November, 2002.

El **M.I. Salvador Hernández González** es profesor investigador de tiempo completo en el Dpto. de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Celaya. Actualmente es candidato a Doctor en Ingeniería (Investigación de Operaciones) por parte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México y se encuentra en tramitando su examen de grado. Sus intereses de investigación son la aplicación de procedimientos metaheurísticos (recocido simulado, grasp, vns) y heurísticas para resolver problemas combinatorios, principalmente con aplicaciones en la ingeniería industrial: problemas de inventario, planeación de la producción y cadena de suministros.

El **Dr. Armando Javier Ríos Lira** es profesor investigador de tiempo completo en el Dpto. de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Celaya. Realizó sus estudios de maestría y doctorado en Florida State University. Sus intereses de investigación giran entorno a los diseños experimentales, herramientas de simulación, el análisis de regresión y optimización.

El **Dr. Miguel A. Gutiérrez Andrade** es profesor investigador de tiempo completo en la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. Realizó sus estudios de maestría en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México y posteriormente obtuvo su doctorado con la disertación titulada "Aplicaciones del recocido simulado". Sus intereses de investigación son las aplicaciones de metaheurísticas para resolver problemas combinatorios y ha publicado varios artículos en revistas nacionales e internacionales.

BÚSQUEDA DE LA HOMOGENEIZACIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS EN UNA EMPRESA MUEBLERA

Dr. Angel Machorro Rodríguez

Profesor-Investigador I.T. Orizaba.- anmar51@hotmail.com

Dr. Edmundo Resenos Díaz

Profesor-investigador del I.P.N.-eresenos@yahoo.com.mx

M.C. Manuel Panzi Utrera

Profesor-Investigador I.T. Orizaba.-mpanzi@itorizaba.edu.mx

M.C. Claudia Ruiz Rueda

Egresada de la MIA en el I.T. Orizaba.- cruiz@itorizaba.edu.x

RESUMEN

Frecuentemente en el entorno empresarial se escucha que al dejar los trabajadores su centro de trabajo, se llevan con ellos la experiencia y los conocimientos que empleaba en el desarrollo de sus tareas. Como consecuencia suelen surgir problemas debido a que los que permanecen no saben desempeñar de manera correcta las tareas que estaban a cargo de los que se marcharon. Presentamos el caso de una empresa en que se procuró la gestión del conocimiento. Cada empleado realiza actividades como medir, cortar o pintar el material o utilizar las diferentes máquinas y herramientas. Para facilitar la transición del conocimiento en la empresa motivo de estudio se utilizó un cuestionario basado en el método de la escalera del saber. El objetivo fue proporcionar los conocimientos necesarios a los diferentes trabajadores de la empresa, obteniendo como resultado respuestas rápidas y eficaces a problemas planteados y cumpliendo en tiempos especificados para entrega de pedidos, respondiendo a las necesidades de los clientes. Con esto se logró generar una base de conocimientos. Los trabajadores participaron activamente documentando los conocimientos que serán de utilidad para todo el personal que ahí labora. Con esto se pretendía no solo mejorar el nivel de conocimientos de cada individuo, sino alcanzar un incremento del mismo para obtener mayores beneficios en la empresa.

Palabras claves: Gestión del conocimiento, empresa, muebles, escalera del saber

LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

En la década de los 90s surgió el término de “gestión del conocimiento”, que puede definirse como el conjunto de procesos que dirigen el análisis, diseminación, utilización y traspaso de experiencias, información y conocimientos entre todos los miembros de una organización para generar valor. Podemos encontrar lo tangible como patentes, licencias, información sobre clientes, proveedores, productos y competidores y trabajos de investigación entre otros. Entre los intangibles están los conocimientos acerca del trabajo de los empleados y la manera de realizarlo. El *know-how* de la empresa es casi siempre una combinación de conocimientos tangibles e intangibles y sin duda hace posible hacer frente a la competitividad del mercado.

El conocimiento no solo es un flujo de información o conjunto de datos. Esto no tendría sentido para la organización. Es necesario depurar y dirigir esta información o datos a una solución de problemas o a una toma de decisiones exitosa dentro de un contexto real. Es la transferencia del conocimiento de las mejores prácticas lo que le aporta valor al producto o servicio prestado por la empresa. Los siguientes factores tienden a obstaculizar la gestión del conocimiento: alta de razonamiento para distinguir la información de los conocimientos útiles a la organización que se deben transmitir.

- Uso inadecuado de la tecnología, especialmente cuando se asume que ésta es un fin cuando es solo un medio.
- Falta de precisión al determinar la manera en que se difundirá el conocimiento dentro y fuera de la empresa.
- Falta de un programa con tiempos y plazos establecidos para convencer a la gente de la necesidad de transmitir el conocimiento que tiene en la cabeza a los medios electrónicos para que puedan ser utilizados en bien de los objetivos empresariales y personales.

- Carencia de un programa integral de desarrollo a través de la cultura corporativa.

La gestión del conocimiento supone el generar nuevos conocimientos partiendo de datos disponibles y experiencias de los trabajadores, organizándolos y distribuyéndolos en forma sistematizada. Se debe tener cuidado para contratar nuevos empleados buscando sobre todo personas dispuestas a trabajar en equipo, que es característica esencial para la divulgación del conocimiento y las experiencias (Davenport, 1988).

Antecedentes

LYR es una empresa que se dedica a la fabricación de todo tipo de mobiliario escolar y de oficina, incluyendo sillas, sillones o bancos utilizados para sala de espera, mesas para computadora, libreros, y archiveros. La empresa está funciona desde 1996 en Orizaba, México. Cuenta con los departamentos de carpintería, estructuras metálicas y tapicería.

PROBLEMÁTICA OBSERVADA

Valores y creencias

Los trabajadores parecían desconocer los objetivos, misión, visión y valores de la firma. Aparentemente la empresario acostumbra realizar alguna inducción a la historia, misión o valores de la misma.

Responsabilidades

La empresa parecía acusar una falta de estructura organizacional. No se cuenta con manuales que describan las funciones y responsabilidades de cada puesto. No existen sistemas de evaluación y de información para la toma de decisiones.

Área administrativa de LYR

Los problemas en el área administrativa incluían

- Escasa comunicación formal y predominio de la comunicación informal.
- Carencia de selección y evaluación de personal.
- Inadecuada distribución de recursos humanos, económicos y materiales.
- Carencia de sistemas formales administrativos

Sistemas de mejora de la administración

En el sistema de mejora de la administración se observaron las siguientes dificultades:

- Falta de un sistema que mejore la comunicación de las diferentes áreas de la empresa.
- Carencia de manuales que describan la operatividad y función de la maquinaria.
- Los trabajadores no han desarrollado un método de trabajo propio en el que puedan desarrollar con mayor rapidez, facilidad y eficiencia su trabajo y no existe ningún plan que los incentive económica o moralmente que los lleve a proponer mejoras.

Estructura y Responsabilidades

Se identificaron los siguientes impedimentos en lo que respecta a la estructura y asignación de responsabilidades:

- Carencia de procesos formales operativos
- Falta de orden y limpieza en las áreas de trabajo
- Lentitud en la asignación de actividades al personal, lo que resulta en retrasos en la producción.

Distribución

La distribución de planta mostraba los siguientes problemas:

- Inadecuada distribución de planta que alarga los tiempos de transporte y dificulta el acceso a los materiales
- Una pobre iluminación en varias áreas de trabajo
-

Escalera del saber

Apoyándose en la definición de Probst (2000), se define el saber como la totalidad de conocimientos, capacidades y habilidades que disponen las personas para la solución de problemas. Esto implica tanto los conocimientos

teóricos como las reglas prácticas diarias y las instrucciones de actuación. El saber se apoya en datos e informaciones, pero en contraposición a estos, está siempre unido a las personas. Los conocimientos se originan como un proceso individual en un contexto específico y se manifiestan en acciones.

La empresa orientada al conocimiento significa haber logrado escalar todos los peldaños de la escalera del saber. Si un peldaño de la escalera no se establece, debido a la ausencia de compatibilidad de los datos, información incompleta, motivación ausente del hacer, “se da un traspié” en el recorrido de la escalera del saber, esto tiende a obstaculizar la puesta en marcha de estrategias comerciales o de negociación operativa.

Para determinar la situación de la empresa respecto a la administración del conocimiento se diseñó y aplicó un cuestionario en el cual se buscó identificar hasta qué punto la empresa en cuestión se identificaba y orientaba hacia la transmisión de conocimientos. En el cuestionario se utilizó una escala del 1 al 5:

Escala	
1	Deficiente; mucho peor que la media
2	Insuficiente; poco peor que la media
3	Satisfactorio; igual a la media
4	Bueno mejor; que la media
5	Excelente; mucho mejor que la media

Compilación y resultados de información

Se tomó la decisión de elaborar una base de conocimiento dentro de la empresa donde se almacenó información primordial, registrando todos aquellos procesos o sucesos cotidianos y extraordinarios en las experiencias acumuladas, describiendo la forma en que se resolvieron las situaciones y documentando el aprendizaje generado. El objetivo era precisamente poner esta base de conocimiento al servicio de todo el personal de la empresa. Se elaboró entonces una matriz de conocimientos donde quedó descrito gráficamente quién y sabe hacer las tareas, desde el que tiene conocimientos meramente básicos hasta el experto. Para la elaboración de la matriz de conocimientos se entrevistó al personal y a la vez se llevaron a cabo observaciones. Se utilizaron tres niveles de dominio para cada actividad: Conocimientos básicos, buen manejo o dominio del conocimiento, y por último, nivel experto.

Se aplicó a los empleados un cuestionario que incluye información preguntas sobre mercados, inversionistas, con respecto al saber y aprender de cada individuo, si cuenta o no con una tecnología de información, de esta forma se obtuvo la información que se usó para implementar el modelo de la escalera del saber. Los trabajadores pudieron identificar en qué posición o nivel se encontraba la empresa respecto a la gestión de conocimientos y a la vez, en qué medida sentían que estaban involucrados en esta nueva forma de trabajar y el compartir los conocimientos. Se organizaron reuniones con los trabajadores para aplicar el cuestionario antes mencionado y resolver aquellas preguntas en donde se tuvieran dudas al momento de contestarlo. En cada pregunta, se usó una escala tipo Likert para calificar a la empresa del número 1 (deficiente) hasta el número 5 (excelente).

Base de conocimientos

- Se documentaron las medidas de seguridad que se deben tomar en cuenta en la manipulación de la maquinaria y herramienta que ahí se maneja
- Se describieron la operatividad y funciones de la maquinaria y herramienta al elaborar para cada tipo de mobiliario, señalizando todos los pasos del manejo de la misma.
- Se desarrollo un diagrama de operación correspondiente a cada procedimiento en donde se explica de manera gráfica la sucesión de pasos para un determinado mobiliario,
- Se documentó qué personal y departamentos están involucrados en la fabricación del mobiliario, las funciones de los responsables. Se elaboró también un glosario de los términos que se comúnmente se manejan Para cada proceso se hizo un diagrama de flujo

- Los encargados de los departamentos involucrados revisan cada proceso que sale, igualmente los empleados revisan cada operación que realizan dentro del proceso; hasta llegar a hacer la revisión final del producto terminado por parte de la dirección general para validar este producto terminado, ningún proceso es liberado sin tener la aprobación de las autoridades correspondientes.

Una vez observado estos procesos, se elaboró la matriz de conocimientos la cual puso de manifiesto acerca del personal que labora en la empresa quién y qué tareas saben hacer, identificando los conocimientos existentes y el nivel correspondiente; ubicando desde el experto hasta el trabajador que solo tiene los conocimientos básicos de lo que ahí se trabaja.

Posteriormente se aplicó a los empleados un cuestionario, para obtener la información necesaria y poder desarrollar los pasos de la metodología utilizando como herramienta el modelo de la escalera del saber, así en cada una de las preguntas, los trabajadores pudieran identificar en que posición o nivel se encontraba la empresa involucrada y sensibilizada respecto a la gestión de conocimientos y a la vez, en qué medida ellos sentían que estaban involucrados en esta nueva forma de trabajar y el compartir los conocimientos. Con las respuestas en cada uno de los rubros se realizó un análisis para detectar cuales son los puntos fuertes y débiles dentro de la empresa y que tanto se encuentra orientada o no al conocimiento.

En lo que respecta a los mercados a los que se dirige la empresa los empleados opinan que se encuentran dentro de un nivel satisfactorio o bueno respondiendo en un porcentaje de 46 y 30% respectivamente, ya que consideran que las necesidades de los clientes son diferenciadas, esto se debe a que en ocasiones pueden realizar los muebles dependiendo de las necesidades de espacio en donde se ha de instalar el mobiliario o que piden algún mueble en específico, igualmente cuentan con productos estándar y el grado de innovación que se realiza al mobiliario ahí fabricado es considerado dentro de un grado intermedio, ya que no se le hacen modificaciones tan constantes y el mobiliario que han manejado ha tenido y tiene un periodo de vida prolongado.

En las soluciones de la empresa para los clientes, se observa el nivel predominante es satisfactorio con un 55% respecto a las soluciones que se les da a ciertas situaciones que puedan presentarse con los clientes y su respectiva solución, sin embargo están consientes que deben trabajar más para que su producto sea difícil de desplazar por otro que ofrezca la competencia, de tal manera que sea haga indispensable y sea en un futuro difícilmente imitable, en cuanto a conocimientos se consideran en una escala media, ya que también existe el trabajo intensivo. Igualmente se presento dentro de los resultados arrojados que existe muy poca generación al ingreso de nuevos campos de negocios o generación de nuevos productos respecto con la competencia.

En lo que respecta a los inversores, muestra al igual que las anteriores un grado relativamente satisfactorio, sin embargo podemos observar que los empleados perciben que existe un porcentaje entre bueno e insuficiente lo cual puede traer consecuencias inclinando la balanza hacia insuficiente, sino no se hace algo para trabajar adecuadamente y de manera optima. Por lo que se debe mostrar firmeza y la certeza de seguir siendo cada vez más productiva, para que los empleados sientan la seguridad de su trabajo y la permanencia dentro del mismo. Evitando con esto la deserción de los mismos.

Respecto al saber y aprender a la forma de cómo se transmitir los conocimientos entre los miembros de la organización no es la deseada en un sistema de administración del conocimiento, de inicio se observa que se requiere capacitación, no se cuenta con grupos de intercambio de información, los conocimientos que se transfieren son escasos o de manera inefectiva, no existe transparencia al transmitir los conocimientos, no existe algún método para proteger el conocimiento, no se cuenta con un interlocutor que estructura y transmita el conocimiento, tampoco se da el benchmarking entre las empresas de su ramo, no se cuenta con los espacios adecuados u oficinas para la transferencia del conocimiento, entre otros aspectos.

Los empleados expresaron que no se fomentan los valores de la empresa y las condiciones organizacionales, en algunos casos no estaban al tanto de los valores, también se puede notar el grado el escepticismo para realizar alguna innovación a los productos que manejan, una causa puede ser que no existe un sistema de incentivos apropiado y este se da de manera grupal y rara vez individual, además no existen indicadores que permitan conocer si hay o no transmisión adecuada de los conocimientos. Se puede observar que en este aspecto del saber y aprender dentro de la escala como deficiente ya que se reporto el 32% mientras que apenas se alcanza un nivel satisfactorio con un 30%.

Se puede observar que no existen las tecnologías dirigidas a concentrar y administrar los conocimientos de los empleados, y la poca información con que se cuenta no están actualizada y en muchas ocasiones es de difícil acceso.

Cuando se obtuvo la matriz de conocimientos así como el resultado arrojado por el cuestionario aplicado entre los empleados, y de acuerdo a los procesos de producción, se realizo junto con los principales directivos de la empresa a identificar y tipificar los conocimientos necesarios para la empresa. A su vez expresaron que los conocimientos que tenían eran los necesarios ya que la gente que trabaja ahí es relativamente joven y por lo general es su primera experiencia laboral, sin embargo también se menciona que no existe capacitación externa y los que son expertos son los que capacitan a los trabajadores que ingresa en la empresa.

Una vez realizados los pasos anteriores se procedió a implementar una base de conocimientos en la cual todos sean partícipes de ella, y en donde los expertos tendrán una función fundamental para que los procesos se hagan de la mejor manera, finalmente se evaluarán y documentarán los resultados obtenidos de la aplicación de esta herramienta:

- Se observó incremento en los porcentajes de conocimiento de cada factor.
- Aumentaron los porcentajes de excelente y bueno con un 6% y 36% respectivamente.
- Se logró dar una mejor respuesta a situaciones que se presentaron con los clientes.
- Se busca tener una mayor cobertura dándose a conocer por Internet en la página www.lyrmobiliario.com.mx.
- Los resultados obtenidos son bastante favorables en parte gracias a que se concientizó al personal para lograr transmitir los conocimientos entre los miembros de la organización, obteniendo con esto mejora en algunos procesos.
- Los empleados tienen más conocimiento del lugar de trabajo donde desempeñan sus labores sin embargo hace falta un plan que involucre a los empleados con la misión, la visión, y los valores de la compañía.
- No existen las tecnologías dirigidas a concentrar los conocimientos.
- La base de conocimientos que se desarrolló cuenta con información fundamental que, como uno de sus objetivos guardar el historial de la empresa ya que registra información acerca de conocimientos y solución de problemas a los que se les dio solución.
- Elaborar esta base de conocimientos, actualizarla, dar seguimiento a la resolución de problemas cotidianos, analizar las ventajas y desventajas de los proyectos realizados, proveer mayor retroalimentación de las tareas que se desempeñan respecto a situaciones similares el poder proporcionar esta información a todos los empleados ha representado un medio efectivo para la propuesta mejoras o innovaciones a los productos con lo que se cierra el ciclo de transmisión de conocimientos.

CONCLUSIONES

La empresa LYRSA, antes de aplicar la administración del conocimiento venía trabajando en forma desordenada, y el dueño desconocía el valor de sus trabajadores considerándolos como elementos de paso, ya que consideraba como una oportunidad contratar personal menor de edad y apoyarlos con tiempo para que cursaran estudios de secundaria y a la vez aprendían el oficio de la carpintería, y solo mantenían como permanentes los maestros carpinteros que son los que enseñaban a los trabajadores jóvenes aprovechando su fuerza de trabajo en operaciones de esfuerzo físico menor pero prolongado como el lijado, o almacenar materiales, después de contar con manuales de operación y de tener información mediante la matriz de conocimientos y el stock que cada uno tenía de cada parte del proceso, cambio la actitud hacia los trabajadores teniendo ahora una valoración diferente de cada uno y se busca aplicar la integración de los mismos en un sistema de administración del conocimiento para homogeneizarlo y mediante la documentación en la empresa ha facilitado la transmisión, y cuando algún empleado se ausenta por alguna circunstancia los procesos ya no son suspendidos y la empresa no tiene pérdidas por estos paros que ahora son innecesarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Davenport, T.H., y Prusak Laurence *Conocimiento en acción: Cómo las organizaciones manejan lo que saben*, Prentice, Hall, Buenos Aires 2001
- Nonaka, I., *La Empresa Creadora de Conocimiento. En: Gestión del Conocimiento*, Harvard Business Review, 2000
- North, K. y R.R. Rivas, *Gestión empresarial orientada al conocimiento, Creación del valor mediante el conocimiento*, Editorial Dunken, Buenos Aires, 2004.
- Probst, G., Steffen Raub, and Kai Romhardt, *Managing knowledge: building blocks for success* New York: John Wiley & Sons, 2000
- Robbins, S. *Comportamiento Organizacional*, Prentice Hall, 1999
- www.gestiopolis.com/canales6/ger/modelo-gestion-conocimiento.htm, (Consultada el 20 de Abril, 2006)
- www.gestiopolis.com/canales/gerencial/articulos/59/caphumano.htm, (Consultada el 5 de Mayo 2006)
- www.gestiopolis.com/canales6/ger/modelo-intervencion-gestion-conocimiento.htm, (consultada el 2 Junio 2006)

- Babcock, P. *Shedding Light On Knowledge Management*. HR Magazine, Mayo 04.
- Ochoa, D., *Capital Intelectual/ Knowledge Management I*, El Norte de Monterrey [Electronic journal] Abril 3,2000, www.elnorte.com,
- www.axitia.com, consultada el 12 de mayo del 2006
- www.degerencia.com/articulos.php?artid=304, consultada el 3 de Marzo del 2006
- www.gestiopolis.com/canales6/ger/modelo-gestion-conocimiento.htm, consultada el 22 de Abril, 2006
- www.gestiopolis.com/canales6/ger/modelo-intervencion-gestion-conocimiento.htm, consultada el 25 de Junio del 2006
- www.gestiopolis.com/canales5/emp/pymecommx/65.htm, consultada el 26 de Abril del 2006
- www.gestiopolis.com/canales/gerencial/articulos/59/caphumano.htm, consultada el 17 de Mayo del 2006
- www.mailxmail.com/curso/empresa/capitalhumano/capitulo5.htm , consultada el 17 de Mayo del 2006
- www.monografias.com/trabajos6/gepo/gepo.shtml, consultada el 26 de Abril del 2006.
- www.monografias.com/trabajos8/gepo/gepo.shtml, consultada el 27 de Abril del 2006

Diseño e implementación de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento del Balanced Scorecard en una empresa familiar. Caso de estudio: SOLOMOLDES Ltda.

Ing. Andrea Paola Malagón Cano¹, Msc. Wilson Flórez² y Dr. Catalina Ramírez³

Resumen—A través de la Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento del Balanced Scorecard (BSC) y el Diagnóstico Organizacional las compañías pueden evaluar la alineación de sus activos intangibles con estrategia corporativa. Al evidenciar las bases en las cuales la organización se está desarrollando a partir del capital humano, capital informacional y capital organizacional se pueden potencializar los resultados de la puesta en marcha de su estrategia. El trabajo plantea un esquema de intervención organizacional en una empresa familiar a través de un caso de estudio que permitió evaluar tal alineación y la generación resultados en el corto y largo plazo de manera efectiva.

Palabras claves—Activos Intangibles, Empresas Familiares, Balanced Scorecard, Perspectiva Aprendizaje y Crecimiento.

I. INTRODUCCIÓN

Una aproximación al concepto de estrategia es verla como el plan de acción que toda organización debe realizar con el ánimo de cumplir sus objetivos en un periodo determinado. Sin embargo, algunos autores plantean, que este plan estratégico no debe presentar únicamente soluciones a obstáculos que presenta el mercado o la competencia; sino por el contrario, debe evidenciar valores y visión de la organización. En esta medida, los autores Robert Kaplan y David Norton (1990) proponen la herramienta Balanced Scorecard (BSC), herramienta cuyo principal objetivo consiste en alinear los activos (tangibles e intangibles) de la organización hacia un objetivo común, a través de la única dirección estratégica, y resultados deseados.

De esta manera, los autores plantean la necesidad de traducir la estrategia organizacional en términos operativos a través de un mapa estratégico y la generación de indicadores por medio del BSC, planteando no solo una herramienta estratégica sino también una herramienta de información a lo largo y ancho de la organización, que incluye un sistema de seguimiento para la misma.

Sin embargo, llama la atención el gran impacto que puede tener la aplicación de esta herramienta en empresas pequeñas como las mipyme⁴ y empresas familiares, donde la cultura organizacional evidencia a empresarios con valores poco democráticos que impide la generación de soluciones rápidas y eficientes (Min. Desarrollo Económico, 2000). Este tipo de empresas presentan debilidades dentro de su estrategia como consecuencia de una excesiva concentración de las actividades en pocas personas como lo son sus dueños, gerentes y colaboradores inmediatos (Rosales, 1996). Situación que se presenta como consecuencia de características en la estructura de este tipo de organizaciones, en donde se destaca: a)

¹ Andrea Paola Malagón Cano es Estudiante de Maestría de Ingeniería Industrial en la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia a-malago@uniandes.edu.co (**autor corresponsal**)

² Msc. Wilson Flórez es Docente del curso de estrategia en Ingeniería Industrial en la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia w-florez@uniandes.edu.co

³ PhD. Catalina Ramírez es Profesora de Ingeniería Industrial en la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia mariaram@uniandes.edu.co

⁴ Según el artículo 2 de la ley Mipyme, define por micro, pequeña y mediana empresa, toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, rural o urbana. Ministerio de Desarrollo Económico, 2000. Pág.11

la poca división del trabajo debido a que cuentan con una planta entre 51 empleados o 200; b) el uso de tecnologías menos intensivas en capital y más intensivas en mano de obra; y c) la baja capacidad de acumulación de capital debido a condicionamientos tecnológicos y de mercado

Según las características expuestas, llama la atención como a partir de la implementación de la Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento (PAyC) propuesta por el BSC, se facilitará a la mipyme o empresa familiar identificar las fortalezas de su organización, fortalecer y motivar la mano de obra y aumentar su ventaja competitiva a través de la gestión de sus activos intangibles. Se crea así un proceso de gestión para este tipo de empresas que permite evaluar la alineación del capital humano, capital informacional y capital organizacional, con la estrategia planteada por la misma, permitiendo de esta manera identificar conflictos, fortalezas y debilidades que estén presentando y detectar los obstáculos del ambiente laboral la organización hacia el éxito de la estrategia.

El caso de estudio, se desarrolló en la empresa SOLOMOLDES LTDA, organización que presentaba problemas en su clima organizacional como consecuencia de su rápido crecimiento en el mercado. La intervención en la organización incluyó un diagnóstico a partir de la PAyC del BSC, permitiendo evaluar las principales causas que afectaban el ambiente organizacional y elaborando una serie de pasos que le permitiera a la gerencia superar las deficiencias en el menor tiempo posible; alineando a la organización con la estrategia que se está desarrollando.

II. BALANCED SCORECARD

Los autores David Norton y Robert Kaplan desarrollan la herramienta de gestión estratégica Balanced Scorecard (BSC) con el principal objetivo de evidenciar que el éxito de toda estrategia consiste en la alineación de sus activos tangibles e intangibles, y no solamente el éxito depende de los indicadores financieros, proporcionando de esta manera un enfoque más completo sobre la gestión de la estrategia organizacional. Esta herramienta comprende cuatro perspectivas: financiera, cliente, producto y, aprendizaje y crecimiento organizacional; perspectivas que a su vez se relacionan entre sí por medio de un Mapa Estratégico en donde se evidencian las relaciones causa –efecto de los objetivos de cada perspectiva. Como producto de la aplicación del BSC se logar traducir la estrategia organizacional en términos operativos y la facilitación de la comunicación de dicha estrategia a los miembros de la organización. De esta manera, se hace evidente el papel que cada miembro juega en la propuesta de valor que realiza la organización, lo que permite rápidamente la creación de objetivos en cada una de las perspectivas.

El mapa estratégico permitirá identificar y comprender de una manera visual los objetivos planteados y las perspectivas a trabajar en el BSC, sin dejar a un lado las relaciones que se deben generar para obtener los resultados deseados y evidenciar la relación de los activos intangibles con los procesos de creación de valor de la organización y resultados tangibles (financieros).

Posteriormente, una vez la estrategia es traducida en términos operativos, es necesario la generación de indicadores, metas e iniciativas que permitan traducir la estrategia en acciones que generen valor para la misma; de allí la importancia que el BSC conserve las perspectivas y traduzca los objetivos planteados en el mapa estratégico en indicadores con sus respectivas metas.

De esta forma, se evidencia claramente las metas que la organización quiere obtener, los procesos que deben desarrollar para obtenerlos en el corto plazo, y la comprensión de los empleados de la estrategia organizacional y su alineación con la misma.

A. Perspectiva de aprendizaje y crecimiento (PAyC)

Dentro de las perspectivas que propone el BSC, la PAyC es la base, ya que incluye el cómo los activos intangibles -que por sí solos no generan valor-, se alinean con los objetivos de las demás perspectivas, en la creación de valor. Con lo anterior, los activos intangibles siempre deben ser detallados,

permitiendo la alineación de los mismos con la estrategia y la generación de indicadores que permitan evaluar su disponibilidad en la organización basándose en la máxima: “lo que se puede medir se puede gestionar”. Acorde con los autores del BSC, los activos intangibles que encierran esta perspectiva comprenden:

- *Capital Humano*: Se mide en función de los empleados a quienes se les evalúa la capacidad para llevar a cabo los procesos internos esenciales que se tradujeron en el mapa estratégico. De esta manera, se debe identificar las familias de puestos estratégicos o cargos en los cuales las capacidades, talentos u conocimientos adecuados permiten la mejora en los procesos internos; posteriormente se debe concretar un conjunto de competencias específicas necesarias para quienes desempeñan cada uno de esos puestos estratégicos.
- *Capital de Información*: Evidencia sistemas de información con los que cuenta la organización y aplicaciones e infraestructura de gestión del conocimiento que se necesitan para el desarrollo de la estrategia y metas propuestas, identificar los problemas y la gestión de los mismos.
- *Capital Organizacional*: es definido como la capacidad de la organización para movilizar y sustentar el proceso de cambio requerido para ejecutar la estrategia. De esta manera, el capital organizacional se construye a partir de cuatro elementos: a) la cultura organizacional; b) el liderazgo; c) la alineación de objetivos e incentivos con la estrategia y d) el trabajo en equipo.

B. Generación de indicadores para los activos intangibles

El BSC es una herramienta que permite transmitir el conocimiento de arriba hacia abajo (desde lo financiero hasta el capital humano, por ejemplo), y permite conocer el cumplimiento de la estrategia de abajo hacia arriba (desde el perfil de competencias laborales hacia la excelencia operativa, por ejemplo). En esta medida, la generación de indicadores dentro de la PAyC dará las bases para la alineación de la organización con la estrategia de la misma. Por este motivo, los indicadores que se planteen en esta perspectiva deben traducir en términos operativos y medibles los objetivos estratégicos para determinar el cumplimiento de los mismos. Es por esto que es necesario asignar responsables por objetivo, lo que permite velar el cumplimiento de los mismos. De igual forma, cada indicador debe evidenciar el estado actual y la meta a alcanzar, permitiendo la generación de actividades de alineación entre los objetivos.

III. METODOLOGIA PARA EL DIAGNÓSTICO

El diseño e implementación de esta perspectiva se desarrolla a lo largo de un proceso de cuatro fases donde se analiza las actividades que están contribuyendo valor y los obstáculos que están impidiendo mejores resultados. De esta manera, las fases planteadas se desarrollan acorde con el Ciclo OADI propuesto por los autores Espejo y Schwanninger¹. Una gran ventaja que se presenta al emplear este ciclo como hilo conductor de cada fase, consiste en el planteamiento que se realiza para encontrar el aprendizaje operacional y conceptual (Bonilla, 2006). En caso del aprendizaje operacional, este se evidencia dentro de los pasos de observación e implementación puesto que se busca el desarrollo de generar habilidades para “el hacer” que pueden ser rutinas que podrían mejorar los procesos. El aprendizaje conceptual tiene en cuenta las otras etapas del modelo, evaluación y diseño donde se reflexiona el por qué “se hace”. De esta manera, se obtiene los objetivos estratégicos para la PAyC, y las relaciones causa efecto de los mismos con respecto a las otras perspectivas del BSC.

¹ ESPEJO, R. and SCHWANNINGER, M. Organizational, transformation and learning : a cybernetic approach to management, citado por BONILLA, Jenny. Diseño de una herramienta que permita identificar obstáculos de aprendizaje individual y organizacional. Bogotá: Universidad de Los Andes, 2006. p. 2.

Fase 1: Identificación de activos intangibles

Acorde con la metodología planteada para la elaboración del BSC, se debe comenzar con definir la estrategia y la propuesta de valor para describir las prioridades corporativas. De esta manera, se debe realizar una entrevista con la gerencia para determinar cuál es la estrategia de la organización, su misión, su visión y el cómo lo está desarrollando en la actualidad para fortalecer su propuesta de valor. Con la información recolectada, se debe realizar el mapa estratégico de la organización, evidenciando de esta manera la traducción de la estrategia en términos operativos, con especial énfasis en la PAyC (activos intangibles).

Una vez se ha determinado lo que la gerencia quiere transmitir y obtener en la PAyC, se debe realizar una evaluación de cómo esta información ha sido transmitida a los miembros de la organización y cómo se ha realizado hasta el momento; de allí la necesidad de hacer entrevistas, encuestas y evaluaciones con el ánimo de determinar la alineación de la organización con su estrategia. Lo anterior permite obtener la familiarización con la organización, lo que comprende un número considerado de entrevistas a la gerencia y a los empleados, recolectando de esta manera una percepción inicial de cómo los empleados entienden la estrategia y contribuyen a generar valor a la organización.

Al finalizar las entrevistas, se podrá tener una noción del alineamiento de los activos intangibles con la estrategia a través de la identificación de posibles problemas u obstáculos que están ocurriendo al interior de la organización y que están impidiendo que el mensaje de la gerencia sea percibido adecuadamente por los miembros que la conforman. Cada uno de los problemas o fortalezas encontradas deberán ser traducidas en hipótesis a corroborar a la gerencia a través de un cuestionario de preguntas de selección múltiple y única respuesta.

Finalmente, cada pregunta realizada en la evaluación de los empleados será traducida a en un indicador. De esta manera se tendrá una primera medición de la organización y no se omiten los requisitos de ser fácil de medir y poseer unidades lógicas planteadas por Kaplan y Norton.

Fase 2: Diagnóstico de la organización a través de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento (PAyC)

Con la información recolectada en la fase 1 se pueden detectar algunos obstáculos que interfieren el aprendizaje operacional y conceptual. Por este motivo, es necesario implementar un segundo cuestionario de preguntas que permita profundizar sobre los resultados obtenidos anteriormente.

Para esta segunda evaluación se plantea el uso de caricaturas propuesta por Julia Helena Díaz¹ para los obstáculos de aprendizaje propuestos por Espejo & Schwanninger (1996)². A través de esta propuesta se busca comunicar en un lenguaje común (caricaturas que pueden ser modificadas, ajustadas y generar otras nuevas siempre de acuerdo a la naturaleza del proceso de aprendizaje en el cual se apliquen) para los participantes de los procesos de aprendizaje. De esta manera se recolecta información y se tiene retroalimentación durante el proceso (Julia Díaz, 1998). Cada caricatura debe ir acompañada por una serie de preguntas que permitirán entender a las personas el obstáculo y el porqué de esta situación (Salas, 2007). Al finalizar esta segunda fase se obtendrá una visión global (un diagnóstico) de cómo la organización se encuentra alineada con su estrategia, con especial énfasis en la alineación de los activos intangibles con la propuesta de valor que se quiere comunicar.

¹ De su trabajo de grado, citado por PÉREZ Gómez, Gonzalo Carlos. ¿Cómo combinar la identificación de arquetipos organizacionales con la observación de obstáculos de aprendizaje organizacional para proponer ajustes estructurales en una entidad? Universidad de Los Andes, 2008. P.18

² ESPEJO, R. and SCHWANNINGER, M. Organizational, transformation and learning : a cybernetic approach to management, citado por SALAS, David. Identificación de obstáculos por medio del análisis de los procesos realizados entre la agencia seguros Beta y sus principales grupos de interés (stakeholders). Bogotá: Universidad de Los Andes, 2007. p. 25

Fase 3: Implementación del plan estratégico

Al obtener un diagnóstico de la organización, se debe desarrollar un plan estratégico que permita solucionar los problemas y conflictos encontrados, o conserve y aumente las buenas prácticas, como lo plantea el siguiente nivel en el ciclo OADI: diseñar. En esta fase se especifica y se diseñan los cambios a realizar con el único objetivo de ayudar a mejorar la evaluación realizada en las anteriores fases (cumplimiento de las metas propuestas y solución de problemas). De esta manera, las acciones o actividades a realizar no deberán representar un costo elevado para la organización, a cambio deberá plantear un uso adecuado de los recursos con los que se cuenta. El impacto que se genere dentro de los miembros de la organización con la ejecución de estas actividades, se verá reflejado posteriormente en los indicadores planteados.

La importancia de realizar actividades que mejoren la situación actual radica en la importancia de establecer organizaciones basadas en el conocimiento, como lo exponen Kaplan y Norton quienes afirman que este tipo de organizaciones adquieren la capacidad de mejorar los procesos internos, ser coherente con una proposición de valor para los clientes, genera habilidad y disposición de los individuos a cambiar su comportamiento y centrar su conocimiento en la estrategia.

Fase 4: Análisis de viabilidad del proyecto

Una vez realizadas las actividades complementarias, es necesario realizar una evaluación para medir los resultados obtenidos una vez ha transcurrido un periodo de 3 meses (periodo concertado con la gerencia en este caso). Esta evaluación planteará nuevamente las preguntas más relevantes de los cuestionarios desarrollados en las fases 1 y 2, permitiendo tener una medición del antes y del después de la intervención, concluyendo la eficacia de lo realizado.

En caso de que los resultados obtenidos no sean los esperados, se deberá realizar nuevamente la fase 3 y 4, evaluando las posibles fallas y conciliando actividades complementarias que mejoren el estado de los indicadores.

Se puede concluir a través de este proceso que la medición del valor de los activos intangibles consiste en determinar hasta qué punto esos activos están alineados con la estrategia de la organización (Kaplan & Norton 2004). Si la organización tiene una buena estrategia y los activos intangibles están coordinados con ella, los activos intangibles crean valor para la organización. Si los activos no están alineados o la estrategia es defectuosa, los activos intangibles generan poco valor aún cuando se haya invertido en ellos gran cantidad de dinero.

Con lo anterior, la mipyme o la empresa familiar reducirá y en algunos casos eliminará los problemas culturales que caracterizan este tipo de organizaciones, se abrirán y fortalecerán canales de comunicación e información, se evaluará la alineación de la estrategia con la compañía y se hará de la estrategia un trabajo continuo donde todos sus miembros participan, incentivando el sentido de pertenencia y por ende la calidad de la mano de obra y la actividad manufacturera en la que se centra la compañía.

IV. CASO DE ESTUDIO: SOLOMOLDES LTDA.

• Antecedentes

SOLOMOLDES LTDA. Es una mipyme familiar que se dedica a la elaboración de tapas plásticas. Creada en el año 1985 y teniendo como base un torno y una fresadora, Carlos Plazas y su esposa Libia Sáenz (actuales gerentes) comenzaron a elaborar sus primeras tapas hasta llegar a conformar hoy una empresa con aproximadamente 80 empleados y ser reconocida como un productor mayoritario en el mercado de plásticos. La empresa es reconocida en el gremio como productores de moldes de alta calidad y por su excelente cumplimiento con sus clientes. La compañía a lo largo de estos 25 años ha tenido un rápido crecimiento en las ventas, lo que ha impedido la alineación

de su organización con la estrategia implementada (según entrevista con la gerencia). Dicha problema se evidenció en conflictos dentro del el clima organizacional y en problemas de comunicación con los empleados.

La gerencia tomó la decisión de analizar la viabilidad de tomar algunas decisiones que les permita solucionar estos problemas. Sin embargo, al evidenciar la importancia de realizar una intervención que facilitara la solución de los conflictos existentes y futuros; se le propuso a la gerencia la posibilidad de desarrollar e implementar la PAyC propuesta por el BSC. Con la implementación de esta herramienta, la gerencia pudo evaluar a través de indicadores, el clima organizacional, pero lo más importante, la alineación de su organización con la estrategia y propuesta de valor que quieren comunicar. De esta manera, no solo se le brindó un diagnostico del clima organizacional sino de otros aspectos relevantes como capital humano e informacional.

- *Diseño e implementación de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento (PAyC)*

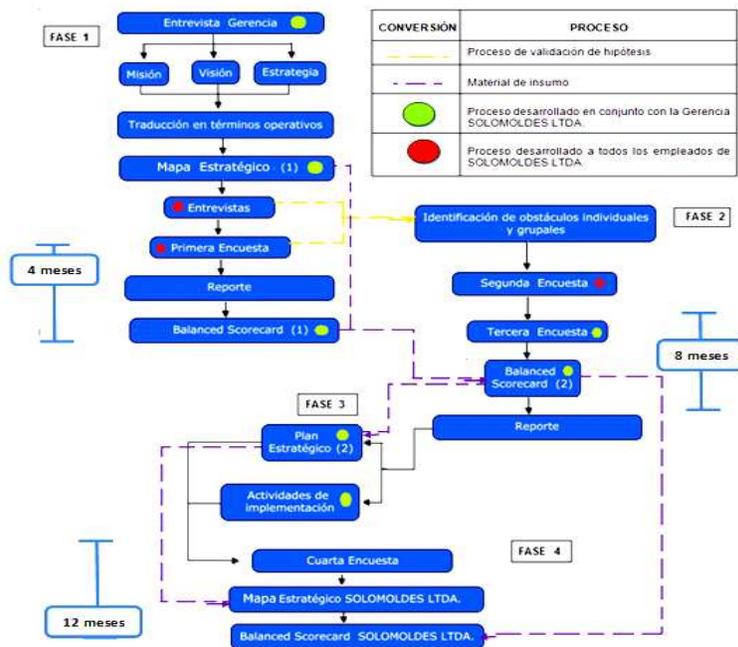


Figura 1. Diagrama de las fases de diseño e implementación de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento SOLOMOLDES LTDA.

este análisis y que se distinguieron por generar altos resultados a bajo costo fueron: a) la modificación de la cartelera de comunicación; b) la instalación de sistema de comunicación tanto para clientes como para empleados; c) la creación del periódico SOLOMOLDES y la elaboración de afiches emblemáticos y d) la creación del departamento de Talento Humano.

Con la implementación de algunas de estas actividades, se logró identificar que el ambiente ha mejorado en corto plazo, también que las relaciones entre jefe-empleado se han fortalecido (pues se destacan los logros de las áreas y de los individuos), ha aumentado la visibilidad de la gerencia entre los empleados y ha aumentado el sentido de pertenencia y participación de los empleados pues son los primeros usuarios de los nuevos canales de comunicación.

- *Resumen de los resultados*

A través del diseño de la PAyC dentro de SOLOMOLDES LTDA. la gerencia identificó claramente los problemas que anteriormente sólo percibía por síntomas en el mal ambiente laboral y que afectaban la cadena de valor de la organización. Por medio de la implementación de esta perspectiva se logró disponer del capital humano, el capital informacional y el capital organizacional en pro de los objetivos

A través de los diferentes evaluaciones realizadas en las fases 1 y 2, se encontró que los problemas en el clima organizacional de SOLOMOLDES era el resultado del poco sentido de pertenencia que tenían algunos de sus empleados y que a su vez repercutía en las labores realizadas y en el trato con sus compañeros. No se tenían canales de comunicación efectivos y rol de los jefes impedían la generación de nuevas ideas por parte de los empleados.

A partir de los hallazgos de las primeras fases, se decidió que al crear el plan estratégico, era conveniente incluir actividades que se pudieran atacar dichas situaciones. Por ejemplo, algunos de las actividades que salieron de

corporativos. Esto a través de la determinación de objetivos puntuales, metas alcanzables y la participación los empleados en el logro de los resultados de la compañía.

Para la alineación de los activos intangibles, la gerencia y el departamento de recursos humanos juegan un papel importante ya que estos serán los encargados de la creación y regulación de sinergias dentro la organización. De esta manera, se solucionaron conflictos a nivel interno que disminuyeron la tensión existente en el clima organizacional de la compañía.

V. COMENTARIOS FINALES

El BSC busca traducir la estrategia en términos operativos (un lenguaje común para todos los miembros de la organización), convertir la estrategia en un proceso continuo y un trabajo de todos. A través de este proceso, el BSC proporciona un sistema de aprendizaje, retroalimentación y de acción para la organización. La implementación de la PAyC permite la alineación de los activos intangibles cuyos resultados comenzarán a evidenciarse a través de las demás perspectivas por medio de la relación causa consecuencia, como se evidenció en el caso de estudio.

La situación presentada en el caso de estudio evidencia el riesgo que corren algunas mipymes al dedicar sus esfuerzos a solucionar “los problemas del día a día” y descuidando la atención de los problemas del ambiente laboral. También muestra que para empresas con estas características es difícil tomar acciones que evalúen el uso de los activos intangibles y acciones concretas que solucionen problemas en este ámbito.

Para las empresas familiares, esta herramienta proporciona un enfoque o carta de navegación, pero particularmente, les permitirá tomar acciones que mejoren el ambiente laboral soportándose en datos puntuales dentro de la organización. Adicionalmente, la implementación de la PAyC permitirá a este tipo de organizaciones crecer de manera sostenible, identificando las competencias requeridas en sus puestos estratégicos, soportando las mejoras en los procesos internos y teniendo mecanismos de retroalimentación de aspectos de la cultura organizacional.

VI. REFERENCIAS

Bonilla, Jenny. Diseño de una herramienta que permita identificar obstáculos de aprendizaje individual y organizacional. 2006. Trabajo de grado (Ingeniería Industrial). Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería

Díaz Ramírez, Julia Helena. Una metodología para identificar obstáculos de aprendizaje individual y organizacional. 1998. Tesis Magister (Ingeniería Industrial). Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería

Kaplan, R. & Norton, D. Cómo utilizar el Cuadro de Mando Integral. Para implantar y gestionar su estrategia. Barcelona: Gestión 2000, 2001.

Kapan, R. & Norton D. Mapas Estratégicos. Convirtiendo los activos intangibles en resultados tangibles. Barcelona: Gestión 2000, 2004.

Kaplan, R. & Norton, D. Alignment. Cómo alinear la organización a la estrategia a través del Balanced Scorecard. Barcelona: Gestión 2000, 2006.

Kaplan, R. & Norton, D. Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. Harvard Business Review. 2007.

Kapan, R. & Norton D. La disponibilidad estratégica de los activos intangibles. Harvard Deusto. Business Review. Edición digital, EBRARY. Recuperado el 8 de Septiembre de 2008.

Pérez Gómez, Gonzalo Carlos. ¿Cómo combinar la identificación de arquetipos organizacionales con la observación de obstáculos de aprendizaje organizacional para proponer ajustes estructurales en una

entidad? .2008. Trabajo de grado (Ingeniería Industrial). Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería

Salas, David. Identificación de obstáculos por medio del análisis de los procesos realizados entre la agencia seguros Beta y sus principales grupos de interés (stakeholders). 2007. Trabajo de grado (Ingeniería Industrial). Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería.

Metodología de superficie de respuesta versus técnicas de inteligencia artificial, en la optimización del proceso de secado de papa

Ing. Nayeli Montalvo Romero¹, Ing. Blanca Olivia Ixmattlahua Rivera², Dr. Oscar Báez Sentíes³, Dr. Fernando Ortiz Flores⁴ & Ing. David Hernández Ricardez⁵

Resumen— El proceso de secado de la papa es importante para obtener un producto comercializable y de calidad. En la práctica, las condiciones de secado, se obtienen mediante la metodología de superficie de respuesta (MSR o RSM, por sus siglas en inglés), cuya desventaja es crear un espacio limitado de soluciones. En comparación con esta metodología, las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) permiten obtener un amplio espacio de soluciones óptimas. Aplicando las Redes Neuronales Artificiales (RNA) se predicen los valores de las variables de respuesta de acuerdo al comportamiento de los valores de las variables de entrada. Con los resultados obtenidos de las predicciones se llevo a cabo el proceso de optimización mediante la aplicación de Algoritmos Genéticos multicriterio (AGM). Como resultado de la aplicación de estas técnicas se logro superar las limitaciones del MSR, se obtuvieron resultados óptimos en un menor tiempo que ayuden a una mejor toma de decisiones.

Palabras claves— Proceso de secado, Redes Neuronales Artificiales y Algoritmos genéticos multicriterio.

I. INTRODUCCIÓN

En recientes años la retención y mejoramiento de la calidad de los alimentos que son expuestos a procesos de secado es un tema de interés. El proceso de secado es uno de los métodos más antiguos para la conservación de vegetales, que se basa en la eliminación de agua de los mismos para que de esta manera tengan estabilidad microbiana, se minimicen las reacciones químicas deteriorativas y se reduzcan los costos de almacenamiento y transporte. La calidad de los productos agrícolas hace referencia a una serie de características que determinan su grado de aceptación por parte del consumidor, relacionadas con su sanidad y su vida comercial, por ejemplo: el color es una característica de gran importancia a evaluar en un producto, ya que representa la primera impresión del consumidor para aceptarlo, comprarlo y posteriormente consumirlo (Lozano, 2007).

El proceso de secado de la papa es importante para obtener un producto comercializable y de calidad. La papa (*Solanum Tuberosum*) es un alimento, nutritivo que desempeña funciones energéticas debido a su alto contenido en almidón si como funciones reguladoras del organismo por su elevado contenido en vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra (Lozano, 2007). En la actualidad, su extensa superficie de cultivo y la alta hacen que la papa sea uno de los cultivos hortícolas en México e incluso uno de los principales cultivos a nivel mundial, colocándola en el cuarto lugar en importancia superado únicamente por maíz, frijol, arroz y trigo (Lozano, 2007).

¹ La Ing. Nayeli Montalvo Romero es alumna de la Maestría de Ingeniería Industrial en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz. n_montalvo85@hotmail.com (autor correspondiente)

² La Ing. Blanca O. Ixmattlahua Rivera es alumna de la Maestría de Ingeniería Industrial en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz. blanca_olirix12@hotmail.com

³ El Dr. Oscar Báez Sentíes es profesor investigador de la División de Estudio de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz. obaez70@yahoo.com.mx

⁴ El Dr. Fernando Ortiz Flores es profesor de la División de Estudio de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz. ferchilo@prodigy.net.mx

⁵ El Ing. David Hernández Ricardez es alumno de la Maestría en Ingeniería Industrial en la División de Estudio de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz. dhraavid@hotmail.com

II. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Las frutas, vegetales y sus derivados en forma deshidratada son importantes fuentes de energía, minerales y vitaminas. El secado de los alimentos se usa como técnica de preservación pues los microorganismos que provocan la descomposición no pueden crecer y desarrollarse en ausencia de agua (Lozano, 2007). Razón por la cual el proceso de secado se vuelve un factor determinante debido a que se prolonga la vida del producto, se reduce el peso para la transportación, conserva las propiedades y facilita la comercialización. Generalmente, la optimización del proceso de secado se obtiene mediante la aplicación de la MSR, sin embargo en el presente trabajo se realizó la optimización mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial, ya que éstas permiten obtener resultados óptimos en un menor tiempo sin necesidad de realizar nuevas corridas experimentales.

Metodología de Superficie de Respuesta

La RSM es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas útiles para modelar y analizar problemas en los cuales una respuesta de interés es influida por varias variables, y el objetivo es optimizar esta respuesta. En la mayoría de los problemas de la RSM, la forma de la relación entre la respuesta y las variables independientes se desconoce. Por ello, el primer paso en la RSM consiste en determinar una aproximación apropiada a la relación funcional entre “y” y el conjunto de variables independientes. El análisis de la superficie de respuesta puede interpretarse como “ascenso a una loma”, donde la cima representa el punto de la respuesta máxima. Por supuesto, es improbable que un modelo polinomial sea una aproximación razonable de la relación funcional real sobre todo el dominio de las variables independientes (Montgomery, 1991).

Metodología propuesta.

En la práctica, las condiciones de secado, se obtienen mediante la MSR. Esta técnica se utiliza para determinar las condiciones de operación óptima de un sistema, o determinar la región del espacio de los factores en las que se satisfacen las condiciones de operación, siendo ésta su principal desventaja ya que crea un espacio limitado de soluciones. En comparación con esta metodología, las técnicas de RNA y AGM permiten obtener un amplio espacio de soluciones óptimas. La metodología utilizada para la realización de esta investigación fue la que se muestra en la figura 1.

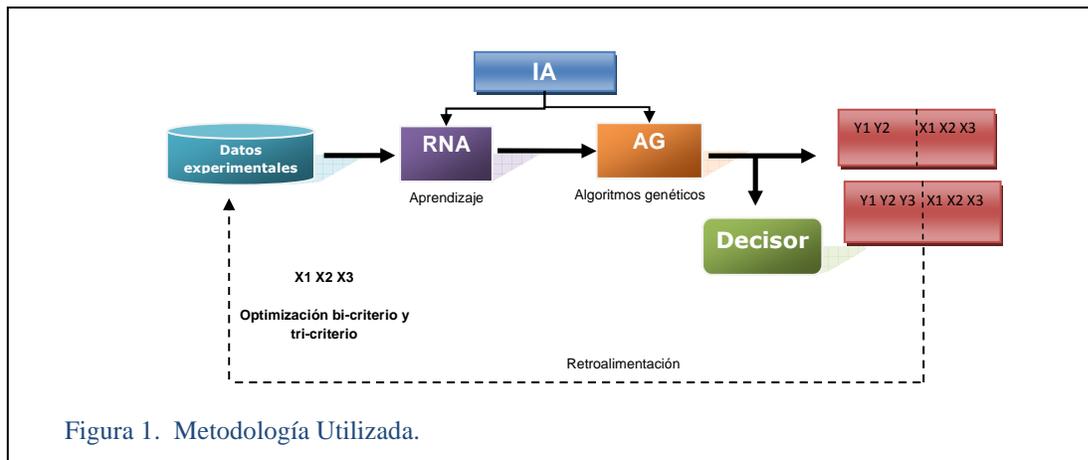


Figura 1. Metodología Utilizada.

Redes neuronales artificiales

Una red neuronal se define como un procesador masivamente paralelo distribuido que es propenso por naturaleza a almacenar conocimiento experimental y hacerlo disponible para su uso. Este mecanismo se parece al cerebro. (Pajares, 2006). Cabe mencionar, que cuando existen problemas no lineales, los enfoques tradicionales presentan mayor complejidad para los usuarios, y este es el motivo por el cual las redes neuronales se vuelven una herramienta útil para obtener una solución. Los elementos de una de neuronas artificial son los siguientes elementos:

1. Una capa de entrada que representa las entradas de donde son transmitidos las variables.
2. Una o varias capas ocultas efectúan el tratamiento específico de la red.
3. Una capa de salida que proporciona los resultados.

Con este enfoque, el software MATLAB, el cual contiene un modulo consagrado al desarrollo de redes neuronales, es utilizado. La red de neuronas almacena información en una cadena de interconexiones neuronales por medio de los pesos. La función de transferencia utilizada es la tangente hiperbólica, su desempeño es como función de activación para las capas ocultas y de salida. Generalmente los datos de entrada deben sufrir una normalización apropiada, con el fin que todas las variables tengan la misma influencia estadística en la red (Howard D., 2000). Una arquitectura de diferentes tipos de redes de neuronas artificiales (RNA) fue explorada, con el objetivo de encontrar el diseño idóneo al problema presentado en este artículo. Una etapa de aprendizaje debe ser considerada para la creación de un modelo neuronal. La fase de aprendizaje se utiliza para ajustar los pesos, los cuales inicialmente son valores aleatorios. El valor de MSE (Mean Square Error) sirve para aplicar la corrección de pesos en cada iteración. Finalmente, las diferentes redes “aprenden el comportamiento” de la base de datos.

Algoritmos genéticos

Optimizar es el proceso de realizar diferentes combinaciones de las variables, con el objetivo de obtener la combinación de valores óptimos. Los algoritmos genéticos fueron desarrollados por John Holland en 1975, están basados en una analogía de la evolución de los seres vivos para buscar soluciones optimas (Holland, 1975). La técnica empleada por naturaleza consiste principalmente en la codificación de las características de los seres vivos en el genoma, y su evolución a través de la reproducción de individuos y las mutaciones. Esta idea básica, que permite que los seres vivos se adapten al entorno en el que viven, anima el uso de algoritmos basados en estas técnicas como metodología general de optimización de sistemas (Del Brío, 2001).

El funcionamiento del AGM se inicia con la creación de una población inicial, esta población contiene los individuos (soluciones) codificados de la manera más adecuada respetando las restricciones del problema, el siguiente paso es la evaluación de todos los individuos mediante la función de aptitud, esto nos permite conocer que tan buenas son las soluciones existentes, una vez hecho esto, se procede a seleccionar a los individuos más aptos que conformaran la siguiente población, en este paso también se seleccionan los individuos a los que se les aplicarán los operadores genéticos antes de que formen parte de la siguiente generación, por último se reemplazan los individuos para formar la misma generación, estos pasos se repiten hasta que se cumplan las condiciones de paro (Morales, 2009).

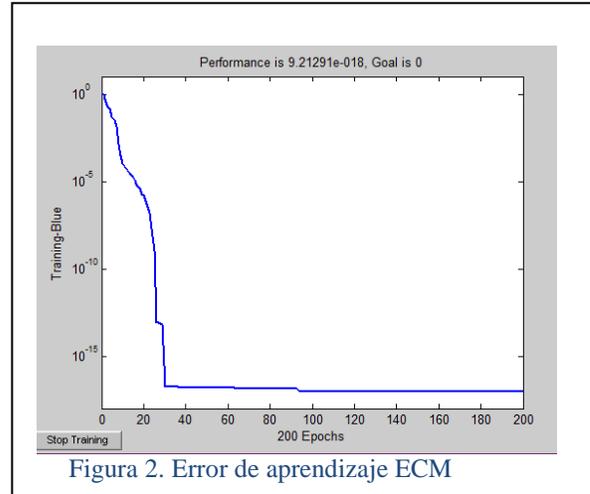
Aplicación de la metodología.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó los datos experimentales obtenidos de la tesis titulada “Secado por lecho fluidizado de minihojuelas de papa (*Solanum tuberosum*)” desarrollada por Araceli Lozano Acevedo.

En la tesis mencionada, en el proceso de secado se consideró como variables de entrada a la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), el Diámetro (cm) y la Concentración (% de ácido cítrico), además de las variables de respuesta, dadas por la Humedad ($\text{gH}_2\text{O/g s.s.}$), a_w (cantidad de agua) y el Color (ΔE).

Con el 80% de los datos obtenidos, se realizó el entrenamiento de la RNA. La arquitectura de la RNA es una red unidireccional con 3 variables de entrada, con 8 neuronas ocultas y 3 variables de salida. La red está basada en el algoritmo de retro-propagación (BP). Las diferentes corridas se basaron en los ajustes de los pesos para minimizar la función del error. Utilizando la optimización de la función error para medir el rendimiento de la red de manera iterativa hasta alcanzar el punto óptimo de la RNA, a través de método denominado descenso por el gradiente. El estudio se llevo a cabo bajo un aprendizaje supervisado, para lo cual se facilito la salida deseada. La RNA ajusta iterativamente los pesos de las variables de entrada, los cuales inicialmente fueron valores aleatorios, esto se realizó de forma iterativa hasta que el error cuadrado medio (ECM) fue el mínimo, lo que significa que la red aprendió el comportamiento de los datos. En la figura 2 se observa el ECM que se obtuvo en el entrenamiento realizado con los datos experimentales, después de 200 iteraciones.

Con los pesos de la red entrenada se diseño el AGM con el objetivo de obtener los valores óptimos del proceso de secado.



III. COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

La validación de la red entrenada se realizó con el 20% de los datos experimentales restantes, y cuyas predicciones arrojaron buenos resultados, los cuales se muestra en la figura 3. Nótese, en la figura 3 que en todos los criterios de respuesta no existe diferencia significativa, entre los valores predichos y los resultados debido a que el valor del coeficiente de determinación es igual a 1.

Posteriormente, el proceso de optimización se llevó a cabo por medio de un AGM, para su construcción se utilizó los siguientes operadores genéticos:

No. de individuos	40
No. de generaciones	80
% Mutación	40

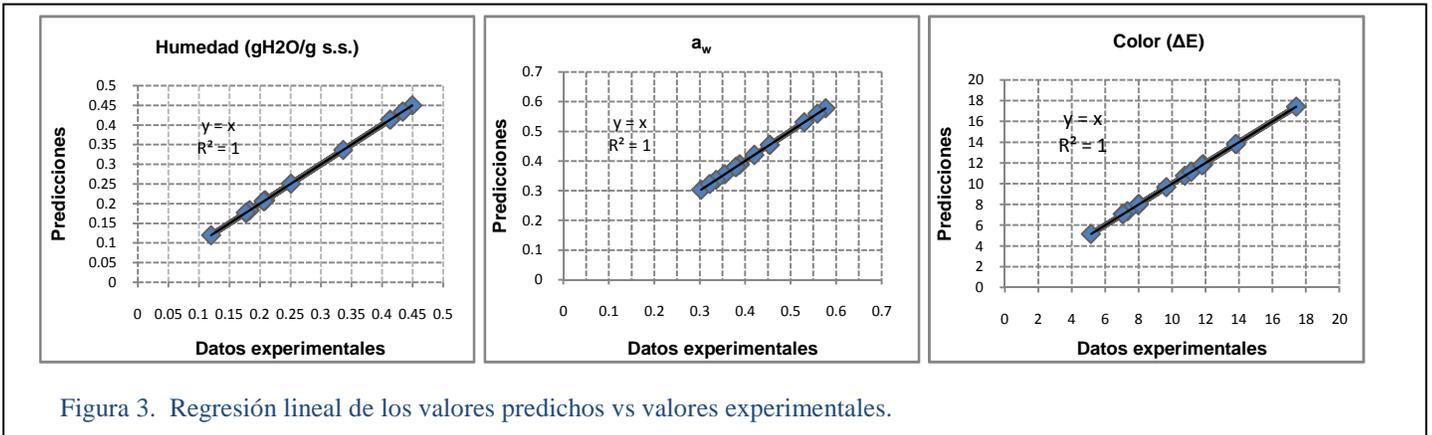


Figura 3. Regresión lineal de los valores predichos vs valores experimentales.

% Cruzamiento 50

La figura 4 muestra la confrontación de los criterios Color y a_w, los cuales se maximizó y minimizó, respectivamente. El resultado muestra cinco valores óptimos. En la figura 5, se puede observar que el criterio referente al Color se maximiza a diferencia del criterio referente a la Humedad el cual se minimiza. Para esta combinación bi-criterio, se observa cinco puntos óptimos y factibles. En la figura 6, se muestra la optimización bi-criterio donde se observa que se minimizan ambos criterios. En la figura 6 se observa que existe una zona de conflicto para ambos criterios, referentes a la Humedad y a_w. La gráfica muestra ocho resultados óptimos para esta combinación. También se realizó una optimización tricriterio, para realizar la optimización de los criterios de Humedad, a_w y Color. El objetivo fue minimizar el criterio de Humedad y a_w, al mismo tiempo maximizar los valores de Color. La figura 7 muestra los valores de optimización, así mismo la zona de conflicto para los tres criterios. Los valores óptimos se encuentran en la tabla 1. La cual presenta los valores ideales de las entradas, es decir, de temperatura, diámetro y concentración. Por ende, con estos valores se obtiene la optimización del proceso de secado de la papa para los tres criterios.

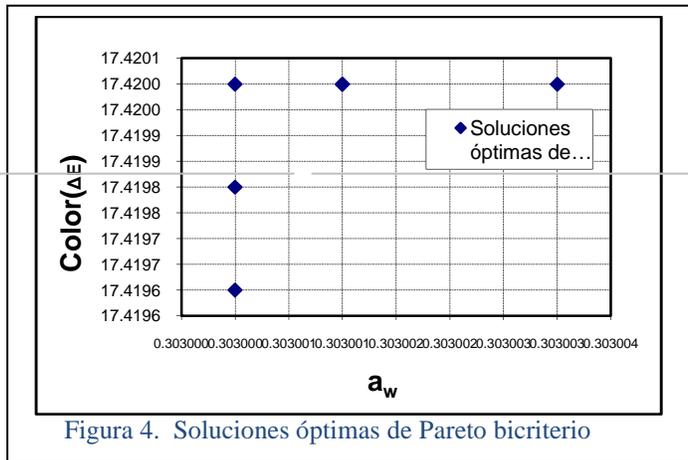


Figura 4. Soluciones óptimas de Pareto bicriterio

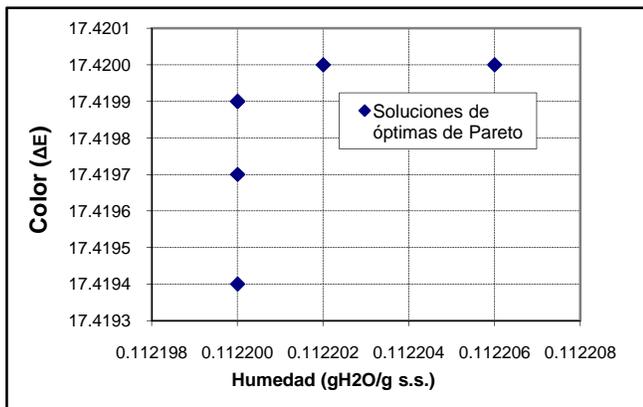


Figura 6. Soluciones óptimas de Pareto bicriterio

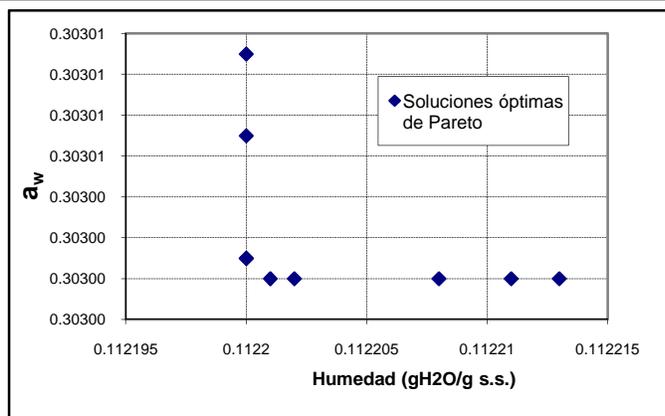


Figura 7. Soluciones óptimas de Pareto bicriterio

Temperatura (°C)	Diámetro (cm)	Concentración (% ácido cítrico)	Humedad (gH ₂ O/g s.s.)	a _w	Color
57.1429	0.81746	0.968254	0.112208	0.303	11.4805
59.0476	0.738095	0.396825	0.112201	0.312824	15.8056
59.0476	0.722222	0.444444	0.112202	0.307112	12.1152
59.0476	0.563492	0.31746	0.121865	0.303922	17.42
58.0952	0.753968	0.31746	0.11221	0.31312	17.018
59.0476	0.674603	0.396825	0.112228	0.30653	17.3226
59.0476	0.65873	0.444444	0.112261	0.303723	16.8732
59.3651	0.65873	0.31746	0.11224	0.315518	17.4196
59.3651	0.579365	0.428571	0.114335	0.303091	17.4177
60	1.02381	0.0634921	0.1122	0.344418	17.4113
56.1905	0.785714	0.952381	0.112565	0.303	14.7468
59.0476	0.515873	0.269841	0.179103	0.303665	17.42
58.7302	0.563492	0.444444	0.128895	0.303006	17.4132
60	0.579365	0.349206	0.112719	0.306088	17.42
58.4127	0.515873	0.31746	0.226615	0.303036	17.42
55.873	0.753968	0.968254	0.114638	0.303	15.9273
53.0159	0.563492	0.0634921	0.21066	0.303194	17.42
53.6508	0.563492	0.190476	0.22758	0.303006	17.42
53.6508	0.563492	0.31746	0.21739	0.303	17.4165
59.3651	0.579365	0.52381	0.115074	0.303003	17.0751
56.1905	0.753968	0.968254	0.11332	0.303	15.5678

Tabla 1. Soluciones óptimas de Pareto Tri- criterio

Conclusiones

Los resultados arrojados en esta investigación sirvieron para demostrar que las técnicas de IA reducen considerablemente el tiempo para conseguir resultados óptimos, sin la necesidad de realizar nuevas corridas experimentales. Por otra parte, la utilización de la IA en el proceso de secado de la papa permite determinar un modelo matemático (RNA) que representa el secado cumpliendo los requisitos de un producto de calidad. En este artículo presentamos los resultados de optimización multicriterio

proporcionados por el AGM, con la posibilidad de realizar y llevar a cabo diferentes combinaciones para cada uno de los criterios considerados.

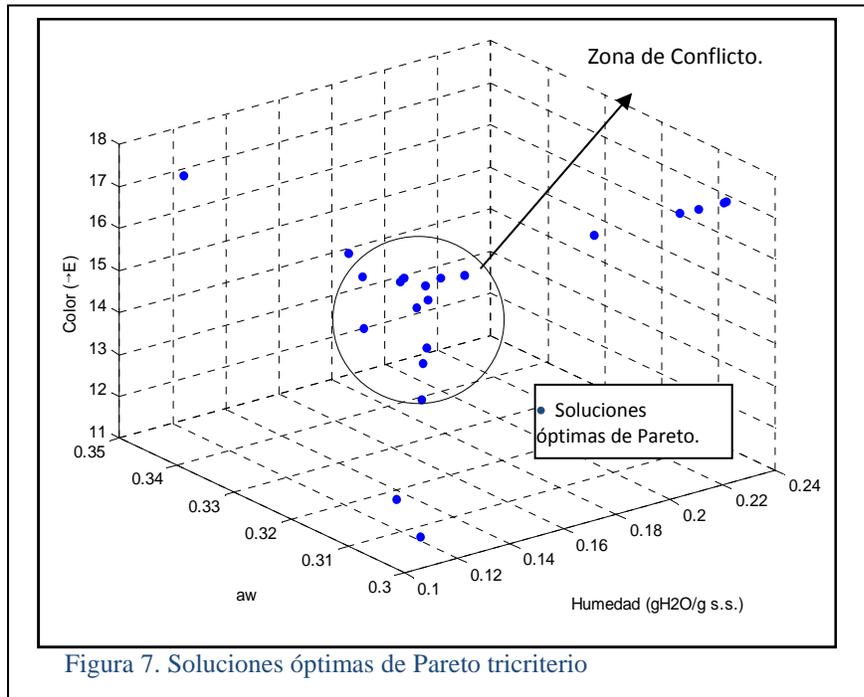


Figura 7. Soluciones óptimas de Pareto tricriterio

Recomendaciones

Nuestra investigación podría continuar con la comparación entre MSR y la metodología híbrida (RNA/AGM). Asimismo verificar los resultados de la optimización en el ámbito experimental.

IV. REFERENCIAS

- Del Brío B. M. y Sanz A. "Redes Neuronales y Sistemas difusos". Alfaomega 2da. Edición. 2001.
- Diego-Mas, J.A. "Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos". Aportación al control de la geometría de las actividades. Universidad Politécnica de Valencia. 2006
- Holland J. H., "Adaptation in natural

and artificial systems", University of Michigan Press, Ann Arbor.1975.

Howard D., y Mark B. "Neural network toolbox for use with MATLAB", The Math Works, Inc, September 2000

Ixmatalhua, R.B "Metodología de superficie de respuesta versus técnicas de inteligencia artificial, optimizando el secado de chayote", Instituto Tecnológico de Orizaba, 2009.

Lozano,A.A. "Secado por lecho fluidizado de minihojuelas de papa(Solanum tuberosum)". Instituto Tecnológico de Orizaba, 2007

Montgomery, D. "Diseño y análisis de experimentos". Grupo editorial Iberoamericana. 1991.

Morales, L.F. "Lógica Difusa como operador de selección de un algoritmo genético multicriterio en un caso de aplicación de diseño optimo de procesos". Instituto Tecnológico de Orizaba, 2009

Pajares G. y Santos M. "Inteligencia Artificial e Ingeniería del conocimiento", Alfaomega. 2006.

La **Ing. Nayeli Montalvo Romero** estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en manufactura, en el Instituto Tecnológico de Orizaba. . Actualmente está estudiando la Maestría de Ingeniería Industrial en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba.

La **Ing. Blanca Olivia Ixmatalhua Rivera** estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en manufactura, en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Actualmente está estudiando la Maestría de Ingeniería Industrial en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba.

El **Dr. Oscar Báez Senties**. Ingeniero Industrial en Producción y Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba. Doctorado en Ingeniería en Procesos y Medio Ambiente en el Instituto Nacional Politécnico de Toulouse, Francia. Actualmente es profesor de la División de Estudio de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba. Actualmente dentro del SNI. Sus funciones actuales son impartir cursos de técnicas modernas de análisis de decisiones. Asimismo, dirige tesis de maestría y de licenciatura en Ingeniería Industrial. Su experiencia profesional incluye puestos en empresas privadas y de Gobierno.

El **Dr. Fernando Ortiz Flores**. Ingeniero Industrial y Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba. Doctorado en Ingeniería Industrial en la UPAEP, Puebla, Mex. Actualmente es profesor de la División de Estudio de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba. Sus funciones actuales son impartir cursos de manufactura. Asimismo, dirige tesis de maestría y de licenciatura en Ingeniería Industrial. Su experiencia profesional incluye puestos en empresas privadas y de Gobierno.

El **Ing. David Hernández Ricardez** estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en calidad, en el Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco. Actualmente está estudiando la Maestría de Ingeniería Industrial en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba.

Optimización del Algoritmo de Mao Mediante Algoritmos Genéticos

Ing. Aarón Montiel Rosales¹, Ing. Nayeli Montalvo Romero², Ing. Blanca Olivia Ixmattlahua Rivera³ y M.C. Magno Ángel González Huerta⁴

Resumen— En la toma de decisiones financieras la tasa interna de rendimiento (TIR), es uno de los métodos primordiales para evaluar proyectos de inversión. Sin embargo, surge una complejidad cuando el proyecto en estudio contiene múltiples tasas, bajo estas circunstancias, el algoritmo de Mao debe ser aplicado con la finalidad de encontrar la mejor TIR. La aplicación es práctica cuando los flujos de efectivo son escasos, en contraparte, el algoritmo resulta ser eficaz más no eficiente. La metaheurística de los Algoritmos Genéticos (AG), resulta ser un optimizador eficiente cuando se implementa bajo las consideraciones del Algoritmo de Mao, obteniéndose soluciones factibles en menor tiempo. Así mismo, los AG poseen la bondad de optimizar problemas reales, considerando la incertidumbre en la modelación.

Palabras claves—algoritmo de Mao, algoritmos genéticos, optimización, incertidumbre.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la adecuada toma de decisiones es crucial tanto para las personas, como para las empresas; siendo para las personas, una actividad que realizan a cada instante y que marca tanto su crecimiento personal como profesional; en tanto que, para las empresas el proceso de toma de decisiones se torna complejo, debido a que se evalúan tanto aspectos técnicos como económicos de cuyos resultados depende su incorporación en el mercado, crecimiento y permanencia.

Los proyectos de inversión son un factor determinante en la vida de las empresas, por lo que se debe llevar a cabo una correcta evaluación con el objetivo de ser competitivo. Generalmente la evaluación económica se realiza mediante técnicas tales como, el Valor Presente Neto (VPN), el Costo Anual Equivalente (CAUE) y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR). Coss Bu (2008), menciona que la TIR es el método más importante debido a que maximiza la cantidad de dinero en términos absolutos, en lugar de maximizar la eficiencia en la utilización del dinero; es en este último aspecto donde solo se enfoca el VPN.

En la aplicación de la TIR emanan diferentes circunstancias, las cuales dependerán del comportamiento de los flujos de efectivo. En específico, en aquellos casos en los cuales los flujos de efectivo presentan solo un cambio de signo, se habla de inversiones simples, por ende solo existe una sola tasa de rendimiento, en contraparte si los flujos de efectivo presentan varios cambios de signo se tienen inversiones no simples, que a su vez se clasifican en puras y mixtas (las inversiones puras a pesar de tener varios cambios de signo solo presentan una TIR a diferencia de las inversiones mixtas).

Según Coss Bu (2008), la determinación de la TIR cuando se tienen inversiones mixtas se realiza por medio del algoritmo de James C. T. Mao. Para obtener la mejor TIR del proyecto bajo estudio, el saldo del último periodo debe ser lo más cercano a cero. Ahora bien, el desarrollo del método es sensible a

¹ En Ing. Aarón Montiel Rosales es Alumno-Investigador del Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz. aaron_ito_ind@hotmail.com (autor corresponsal)

² La Ing. Nayeli Montalvo Romero es alumna de la Maestría de Ingeniería Industrial en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz. n_montalvo85@hotmail.com

³ La Ing. Blanca O. Ixmattlahua Rivera es alumna de la Maestría de Ingeniería Industrial en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz. blanca_olirix12@hotmail.com

⁴ El M.C. Magno Ángel González Huerta es Profesor-Investigador en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz. magnogh@yahoo.com.mx

errores si los cálculos son realizados de forma manual, además, implica tiempo lo cual se traduce el términos monetarios.

Los Algoritmos Genéticos (AG) han mostrado ser optimizadores eficientes ahorrando tiempo, dinero y esfuerzo, por tales motivos en este trabajo se presenta la aplicación de los algoritmos genéticos en la obtención de la TIR, cuando es aplicado el algoritmo de Mao.

II. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Aplicación de algoritmos genéticos en análisis económico

La aplicación de los algoritmos genéticos en el área económica es vasta. Con la finalidad de mostrar la eficiencia de la implementación de los AG en el análisis financiero, una serie de trabajos son presentados.

Silvoso et al. (2003), en la publicación denominada "Optimization of dam construction costs using genetic algorithms", exhiben un procedimiento para optimizar la construcción de estructuras de hormigón en masa utilizando AG, en donde el criterio de optimización es el costo de la construcción, y las variables de decisión son los tipos de materiales, sujeto a la restricción de la temprana edad de resquebrajamiento de la estructura. Los resultados del trabajo muestran que el procedimiento puede ser utilizado con éxito en el diseño de grandes estructuras de hormigón.

Balman y Happe (2000), en "Applying parallel genetic algorithms to economic problems: the case of agricultural land markets", muestran un modelo espacial estático-comparativo en el que un número de agentes espacialmente ordenados (granjas), compiten en una subasta de arrendamiento de tierras. El comportamiento de cada agente está determinado por un algoritmo genético, que se aplica a un específico agente de la población de genomas, que representan estrategias de oferta en particular. En este trabajo, son presentados dos escenarios y se detallan los resultados de estos, en general según los autores, el uso de los AG, provee resultados aceptables.

En el trabajo de Yu-Jen y Ming-Jong, (2009), "A genetic algorithm for solving the economic lot scheduling problem with reworks", presentan un modelo matemático utilizado para resolver el problema de productos utilizables y del reproceso de los productos que así lo requieren, dado que estas dos categorías de productos, compiten por la misma instalación y deben ser programadas al mismo tiempo. El modelo propuesto esta desarrollado bajo el principio del ciclo común (CC). Los autores proponen un híbrido de AG para obtener una secuencia optima de producción de toda la fabricación y con el menor coste total promedio.

Garg y Sharma, (2008) en "Economic generation and scheduling of power by genetic algorithm" muestran solución al problema de compromiso de unidad en la generación de fuerza para la planta de energía térmica. Es utilizado un AG en dos capas, la primera capa es un AG que decide el encendido y apagado de las unidades y la capa segunda, utiliza una formulación no lineal resuelto por la mitigación de Lagrange, para realizar la expedición económica del compromiso con todas las plantas y las restricciones del sistema. Los autores indican que la convergencia dentro del tiempo de ejecución es aceptable, la solución es óptima, y que con esta se resuelve el problema de compromiso.

El documento de Elazouni y Metwally (2005), "Finance-based scheduling: tool to maximize project profit using improved genetic algorithms" muestra el uso de la técnica de los AG, para diseñar el financiamiento de basado en los horarios que maximiza la utilidad del proyecto, a través de reducir al mínimo el financiamiento de los costos y de los gastos indirectos.

Acerca de los algoritmos genéticos

La metaheurística de los AG forma parte de las herramientas de la Inteligencia artificial. Los AG son una técnica de búsqueda y optimización basada en los principios genéticos y de selección natural. Un AG permite a una población compuesta de varios individuos evolucionar conforme a reglas de selección específica a un estado que maximiza el estado físico (i.e. minimizar la función de coste).

El método fue desarrollado por un investigador de la universidad de Michigan, John Holland (1975) en el transcurso de los años 1960's y 1970's y finalmente popularizado por uno de sus estudiantes, David Goldberg, se encontró (Goldberg, 1989, citado por Haupt, 2004) que fue capaz de resolver un problema difícil que implicaba el control del transporte de gas en tuberías, para su tesis doctoral. El objetivo que John perseguía era que las computadoras pensaran por sí mismas. La técnica desarrollada por John inicialmente se denominaba "planes reproductivos", pero se hizo más popular bajo el nombre de algoritmos genéticos, tras la publicación de su libro en 1975 (Coello, 1995).

La definición de AG propuesta por John Koza (1992), es bastante completa, "*...es un algoritmo matemático altamente paralelo que transforma un conjunto de objetos matemáticos individuales con respecto al tiempo usando operaciones modeladas de acuerdo al principio Darwiniano de reproducción y supervivencia del más apto, y tras haberse presentado de forma natural una serie de operaciones genéticas de entre las que destaca la recombinación sexual. Cada uno de estos objetos matemáticos suele ser una cadena de caracteres (letras o números) de longitud fija que se ajusta al modelo de las cadenas de cromosomas, y se les asocia con una cierta función matemática que refleja su aptitud*".

Operación de los algoritmos genéticos

La forma de operación de un AG simple, es (Coello, 1995):

Primero, una población inicial es generada de manera aleatoria, la cual está formada por un conjunto de cromosomas, o cadenas de caracteres que representan las soluciones posibles del problema. A cada uno de los cromosomas de esta población se le aplicará la función de aptitud, a fin de saber qué tan buena es la solución que esta codificando.

Conocida la aptitud de cada cromosoma, se procede a la selección de los que cruzarán en la siguiente generación (presumiblemente, se escogerá a los "mejores"). Son dos los métodos de selección más comunes:

- a) la ruleta. Es el usado por Goldberg. Este método es muy simple, y consiste en crear una ruleta en la que cada cromosoma tiene asignada una fracción proporcional a su aptitud.
- b) el torneo. La idea de este método es muy simple. Se baraja la población y después se hace competir los cromosomas que la integran en grupos de tamaño predefinido (normalmente la competencia es en parejas), en un torneo resultaran ganadores aquellos que tengan valores que aptitud más altos.

Una vez realizada la selección, se procede a la reproducción sexual o cruza de los individuos seleccionados. En esta etapa, los sobrevivientes intercambiarán material cromosómico y sus descendientes formaran la población de la siguiente generación. Las dos formas más comunes de reproducción son: el uso de un punto único de cruza y el uso de dos puntos de cruza. En el primer caso (un solo punto de cruza), se escoge de forma aleatoria sobre la longitud de la cadena que presenta el cromosoma, y a partir de este se realiza el intercambio de material de los dos individuos. Cuando se usan dos puntos de cruza, se procede de manera similar, pero en este caso para el intercambio se mantienen los genes de los extremos y se cambian los del centro.

La cruza es utilizada dentro del algoritmo como un porcentaje que indica con que frecuencia se efectuará. Esto significa que no todas las parejas de cromosomas se cruzarán, sino que algunas pasaran intactas a la siguiente generación. Además de la selección y cruza, existe otro operador llamado mutación, el cual realiza un cambio a uno de los genes de un cromosoma elegido aleatoriamente. Al igual que la cruza, la mutación se maneja como un porcentaje que indica con qué frecuencia se efectuará, aunque se distingue de la primera por ocurrir mucho más esporádicamente.

Bondades y limitantes de los algoritmos genéticos

La ventaja de los AG es que son capaces de resolver problemas no lineales, son multicriterio, encuentran soluciones sub-óptimas, y basta con conocer el funcionamiento del sistema para poder construir el

modelo matemático. En contraparte los AG, tardan demasiado en converger si los parámetros inciertos tienen una variabilidad significativa.

Incorporación de los AG en el algoritmo de Mao

Con la finalidad de mostrar la incorporación de los AG en el algoritmo de Mao, un caso supuesto de comercialización de un único artículo es presentado. Es utilizado un horizonte de planeación de 5 años considerado una Tasa de Retorno Mínima Atractiva (TREMA) del 20%. Nótese, que el caso que a continuación se exhibe contiene parámetros inciertos.

La demanda se modeló considerando: el comportamiento de los competidores al inicio y final de cada año, la incorporación de clientes por efecto de la percepción, la brecha tecnológica y finalmente, es considerado un factor de ajuste sobre los clientes dado que no toda la población modelada adquirirá el artículo (ver Cuadro 1).

Los parámetros modelados con incertidumbre son como sigue:

- La incorporación de competidores al inicio del año, se llevó a cabo con una distribución discreta, con probabilidades de 15, 70, y 15% para cada valor, variando este una desviación estándar del original.
- La salida de competidores, se modeló de manera similar que el factor anterior, solo que en este caso las probabilidades fueron de 20, 60 y 20%.
- El promedio de población que se desplaza cuando un competidor entra/sale del mercado se comporta como una normal con media de 1000 y desviación estándar de 3.7.
- Los clientes que entran y salen, ya sea que pertenezcan a la empresa o a la competencia se comportan como una normal con sus respectivos parámetros.
- La brecha tecnológica dada en %, está representada por una distribución normal con media conocida y una desviación estándar del 4% sobre la media.
- El factor de ajuste está representado en el modelo por una distribución triangular, con valores de 0.925, 0.94 y 0.955.

	Año					
	0	1	2	3	4	5
El tamaño de clientes activos actuales es de 125000						
Comportamiento de los competidores						
Ingresos al inicio del año	8	3	2	1	4	3
Salidas al final del año	5	8	6	7	4	2
Competidores activos	3	6	0	-5	-8	-9
Clientes que salen/entran						
Cientes	-3,000*	-6,000	0	5,000	8,000	9,000
Incorporación de clientes a la empresa por la percepción						
Cientes que entran		350	425	521	575	597
Cientes que salen		500	700	800	400	408
Entran/salen		-150	-275	-279	175	189
Comportamiento de los clientes de la competencia por la percepción						
Cientes que entran		4,567	2,000	5,069	3,985	5,732
Cientes que salen		509	400	700	509	800
Entran/salen		4,058	1,600	4,369	3,476	4,932
Brecha Tecnológica						
%		0.07	0.066	0.062	0.054	0.047
Mercado potencial		18,000	21,550	24,500	28,240	29,500
Cientes		1,260	1,422	1,519	1,525	1,387
Total de clientes activos						
Cientes		122,000	122,000	127,000	135,000	144,000
Clientes fijos 55055 durante el horizonte de planeación						
Demanda						
		178,674	178,602	183,995	192,264	201,431
Factor de ajuste (%)		0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Demanda			167,886	172,955	180,728	

Se tiene una inversión inicial de \$250,000,000 y reinversiones en el año 3 y 5 de \$680,500,000 y \$820,500,000 respectivamente.

Se realiza un ajuste de precio de venta de 1.05, los costos variables y fijos se comportan a una razón del 25 y 40% respectivamente, sobre el precio de venta. La tasa impositiva es considerada del 45%.

En el Cuadro 2 se aprecia el estado de resultados para el horizonte de planeación, del caso en estudio.

En el Cuadro 3 se muestran los flujos de efectivo después de impuestos. En la modelación se considero una tasa de inflación para cada año del 4.708, 4.106, 3.944, 3.794, 3.655 y 3.527, este factor, dado que es un valor fluctuante fue modelado por medio de distribuciones de probabilidad normal.

	0	1	2	3	4	5
Ingreso total	160,000,000			680,500,000.0		820,500,000.0
Precio de venta		2,650.0	2,782.5	3,067.7	3,551.3	4,316.6
Costo variable		445,076,934	467,143,245.8	-149,923,945.2	641,811,367.8	-3,180,333.7
Margen de Contribución		662.5	695.6	766.9	887.8	1,079.1
Costo fijos		445,076,271.5	467,142,550.1	-149,924,712.1	641,810,479.9	-3,181,412.9
Utilidad antes de impuestos		1,060	1,113	1,227.1	1,420.5	1,726.6
Impuestos		445,075,211.5	467,141,437.1	-149,925,939.2	641,809,059.4	-3,183,139.5
Utilidad después de impuestos		200,283,845.2	210,213,646.7	-67,466,672.7	288,814,076.8	-1,432,412.8

Cuadro 2. Estado de resultados durante el horizonte de planeación.

Año	FEAI*		Ingreso	Impuestos	FEDI**	
	Constantes	Corrientes	Gravable		Constantes	Corrientes
0	-160,000,000				-160,000,000	-160,000,000
1	244,791,366	254,841,718	254,841,718	-63,710,430	191,131,289	244,791,366
2	256,927,790	277,592,640	277,592,640	-69,398,160	208,194,480	256,927,790
3	-82,459,267	-92,205,719	-92,205,719	23,051,430	-69,154,289	-82,459,267
4	352,994,983	407,508,723	407,508,723	-101,877,181	305,631,542	352,994,983
5	-1,750,727	-2,081,980	-2,081,980	520,495	-1,561,485	-1,313,045

* Flujos de efectivo antes de impuestos.

** Flujos de efectivo después de impuestos

Cuadro 3. Flujos de efectivo después de impuestos considerando inflación

Con los flujos de efectivo obtenidos se procede a aplicar el AG, bajo las consideraciones del modelo matemático siguiente:

Función objetivo

$$\text{Min}F_n(i^*, TREMA) = [-3,000 \leq F_n \leq 3,000]$$

Sujeto a:

$$i^* = [-1 \leq i^* \leq 2]$$

Donde:

F_n = Saldo no recuperado al final del horizonte de planeación.

i^* = Tasa interna de rendimiento de la inversión.

$TREMA$ = Tasa de Retorno Mínima Atractiva.

Se corrió el AG con los siguientes parámetros para los operadores genéticos: número de individuos=20, % mutación=10 y % de cruce=30.

III. COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

La corrida del AG implicó la realización de 451 simulaciones, las cuales resultaron ser válidas en su totalidad. El modelo matemático desarrollado inició la búsqueda de la mejor TIR con un valor de 0%, siendo el valor F_ζ de 609,002,717.74398400. En la Figura 1 se exhibe la evolución del proceso de

busqueda de la solución sub-
 óptima, en la cual se observa un
 comportamiento de
 convergencia hacia la meta
 $[-3,000 \leq F_5 \leq 3,000]$. La
 duración de la búsqueda del
 valor sub-óptimo fue de 1:57: 30
 hrs, encontrándose la solución
 sub-óptima a la 1:44:32 hrs. El
 valor sub-óptimo encontrado

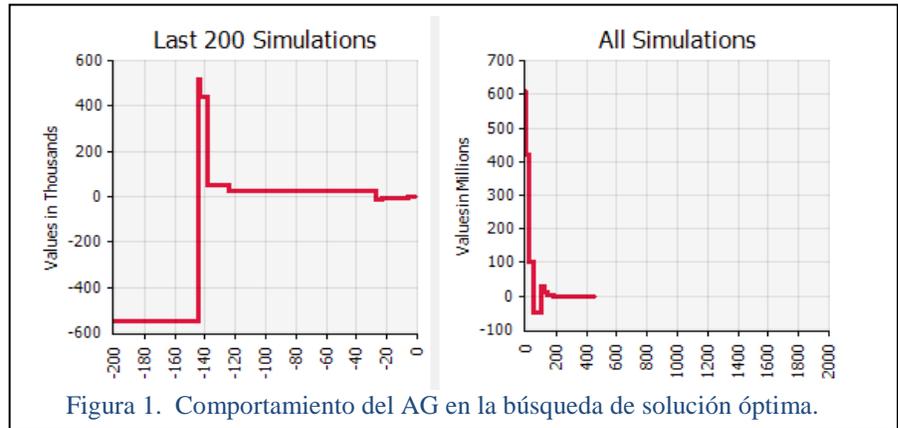


Figura 1. Comportamiento del AG en la búsqueda de solución óptima.

	Simul.	Result	W15
Best	446	2568.3310	0.906
Original	1	6.0900E+0..	
Last	451	667006.99..	0.905

Figura 2. Resumen del valor sub-óptimo.

por el AG fue de 90. 6042371%
 (ver Figura 2). Con el resultado
 obtenido y siguiendo el proceso
 de toma de decisiones, es posible
 conjeturar que el valor obtenido y
 dado que el valor de la TREMA
 corresponde al 20%, el proyecto

de inversión está justificado, lo cual significa que el proyecto en estudio es redituable y por ende se debe proceder a la inversión. Cabe destacar que la evaluación numérica forma solo una parte del proceso de toma de decisiones, pero el criterio de decisión final esta a cargo de las personas involucradas en el proyecto.

Conclusiones

En el trabajo presentado se demuestra la implementación de los AG en el algoritmo de Mao, obteniéndose buenos resultados en un tiempo aceptable, considerando el hecho de que el modelo matemático desarrollado cuenta con parámetros iniciados, lo cual a su vez, demuestra la capacidad de la metaheurística de los AG en la resolución de problemas reales.

Recomendaciones

Aplicar otras algoritmas de búsqueda estocástica tales como, escalamiento de colina, búsqueda tabú, colonia de hormigas, por citar algunos optimizadores, con la finalidad de encontrar la mejor técnica y los parámetros de esta que maximice la búsqueda de la TIR.

IV. REFERENCIAS

- Ashraf M., E. y M. F. Gomaa. "Finance-based scheduling: tool to maximize project profit using improved genetic algorithms", ASCE-AMER soc civil engineers, Journal of Construction Engineering and Management-ASCE, Vol. 131, pp. 400-412, 2005.
- Balmann, A. y K. Happe. "Applying parallel genetic algorithms to economic problems: the case of agricultural land markets", International Institute for Fisheries Economics and Trade, USA, 2000.
- Coello Coello, C. A. "Introducción a los algoritmos genéticos, soluciones avanzadas. Tecnologías de información y estrategias de negocios", Año 3, No. 17, Enero de 1995, pp. 5-11.
- Coss Bu, R. "Análisis y evaluación de proyectos de inversión", 2da edición, Limusa, México, 2008.
- Garg, R. y A. K. Sharma. "Economic generation and scheduling of power by genetic algorithm", Journal of Theoretical and Applied Information Technology, pp. 1142-1149, 2005-2008.
- Haupt, Randy L. y S. E. Haupt. "Practical genetic algorithms", 2da edición, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1998.
- Silvoso, M. M., E. M. R. Fairbairn, R. D. T. Filho, N. F. F. Ebecken y J. L. D. Alves, "Optimization of dam construction costs using genetic algorithms", 16 th ASCE Engineering Mechanics Conference, University of Washington, July 16-18, 2003.
- Yu-Jen, C. y Y. Ming-Jong,. "A genetic algorithm for solving the economic lot scheduling problem with reworks", Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, Vol. 26, No. 5, pp. 411-425, 2009.

El Ing. Aarón Montiel Rosales estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en manufactura, en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Actualmente está estudiando la Maestría de Ingeniería Industrial en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba.

La **Ing. Nayeli Montalvo Romero** estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en manufactura, en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Actualmente está estudiando la Maestría de Ingeniería Industrial en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba.

La **Ing. Blanca Olivia Ixmatlahua Rivera** estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en manufactura, en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Actualmente está estudiando la Maestría de Ingeniería Industrial en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba.

El **M. C. Magno Ángel González Huerta** es Ingeniero Industrial y Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba. Actualmente es profesor-investigador de la División de Estudio de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba. Sus funciones actuales implican la coordinación de la Maestría en Ingeniería Industrial.

Aplicación de la Simulación para Mejorar el Sistema de Recolección de Basura en Maltrata, Veracruz

M.C. Constantino Gerardo Moras Sánchez¹, M.C. Raúl Torres Osorio², Dr. Alberto Alfonso Aguilar Lasserre³.

Resumen—En la actualidad, la constante urbanización e industrialización han generado un incremento de residuos sólidos que contaminan a las ciudades. La recolección de residuos sólidos no deja de ser un problema para los gobiernos municipales. La ciudadanía, por su parte, exige una ciudad limpia y digna. La localidad de Maltrata, Veracruz, México, se encuentra en pleno proceso de urbanización, lo que ha provocado un incremento en la generación de basura. La administración del Municipio de Maltrata se ha esforzado por mantener en control el manejo y eliminación de los desechos de la ciudadanía. En este trabajo se aplicó la simulación elaborándose un modelo en Promodel representativo del sistema actual de recolección de basura. A partir de este modelo, se conoció el comportamiento del sistema y se propusieron alternativas de mejora.

Palabras claves—Simulación, Promodel, Sistema de Recolección de Basura, Validación.

I. INTRODUCCIÓN

Al igual que la mayoría de los países del mundo, en México la recolección de basura es un desafío. El crecimiento de las ciudades ha causado un incremento en la cantidad de basura generada por la población.

La localidad de Maltrata, en el estado de Veracruz, no escapa a este problema. El sistema actual de recolección de basura que opera en la localidad no es suficiente siendo superado por la demanda del servicio de sus habitantes. Puede suponerse que para mejorar el sistema de recolección actual es necesario aumentar el número de camiones recolectores. Sin embargo, a pesar de que esta solución propuesta podría llevarse a cabo, sería muy costosa, por lo que no es viable.

La técnica de simulación ofrece la ventaja de poder experimentar con un sistema para mejorarlo sin necesidad de afectarlo, mediante la construcción de un modelo en la computadora (Schriber, 1991). Por lo tanto, se decidió aplicar la simulación al sistema de recolección de basura de la localidad de Maltrata, Veracruz, utilizando el software de simulación llamado Promodel, para buscar alternativas de solución, viables y baratas, que mejoren la eficiencia del sistema de recolección de basura.

En México no se encontraron aplicaciones de simulación a sistemas de recolección de basura. Sin embargo, en Chile, la compañía SimulArt, representante de Promodel en ese país, reporta en su página web la aplicación de un modelo en Promodel que representa al sistema de recolección de basura en su región Metropolitana, resultando en ahorros de hasta \$1,000,000 de dólares (SimulArt, 2007). Otra autora (Hurtado, 2004) diseñó en la Universidad de Navarra el modelo de rutas agregadas (MRA) y el Modelo Sistémico con Restricciones de Tiempo (MSRT) para mejorar el desempeño en la recolección de basura. También, en Caracas, según una nota periodística del Periódico “El Universal” en ese país (2005), se comenta la evaluación del sistema de recolección de basura a través del Sistema Satelital de Simulación de Riesgo (SUR).

¹ Constantino Gerardo Moras Sánchez es profesor de tiempo completo de la licenciatura y maestría en ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba. t_moras@yahoo.com.mx (**autor correspondiente**)

² Raúl Torres Osorio es profesor de tiempo completo de la licenciatura y maestría en ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba. raultorresosorio@yahoo.com.mx

³ Alberto Alfonso Aguilar Lasserre es profesor de tiempo completo de la licenciatura y maestría en ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba. aaguilar@itorizaba.edu.mx

II. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SIMULACION

A continuación se describe la metodología de simulación internacionalmente aceptada, propuesta por Law y Kelton (2000), que se aplicó para simular el sistema de recolección de basura del municipio de Maltrata.

1. *Formulación del problema.*

El Municipio de Maltrata se encuentra ubicado en la zona centro del Estado de Veracruz. Hasta el año 2000 tenía una población de 14,709 habitantes viviendo en 2,915 viviendas. El sistema de recolección de basura incluye a un solo camión, dirigido por un chofer acompañado de un ayudante. El camión recorre las calles de Maltrata recogiendo la basura de casas habitación, oficinas, escuelas, el parque y el mercado. Una vez lleno el camión, la basura se deposita en el relleno sanitario llamado Los Colorines, fuera de Maltrata. El camión vacío regresa y continúa la recolección hasta que se termina su horario de trabajo. El camión trabaja de 7:00 a 15:00 horas de lunes a viernes y de 9:00 a 13:00 horas el día sábado. La frecuencia con que el camión pasa por cada calle es aproximadamente de 15 días, durante los cuáles la gente debe de mantener la basura acumulada en sus casas, lo que ha causado malestar y quejas por parte de la población.

2. *Recolección y análisis de datos.*

Durante 45 días se observó y registró el funcionamiento del sistema actual de recolección de basura, el cual está formado por un camión y por dos trabajadores: un chofer y un ayudante. La forma en que opera este sistema es la siguiente: el chofer detiene el camión en la parada en la cuál va a recolectarse la basura, se baja y ayuda al ayudante a subir la basura al camión, una vez terminada la recolección en esa parada, el chofer aborda nuevamente el camión, lo pone en marcha y se dirige a la siguiente parada. El inicio de las actividades de recolección de basura tiene lugar dentro del estacionamiento del Palacio Municipal, ahí el chofer revisa la unidad, mientras que el ayudante acerca los contenedores de basura de las oficinas; después, entre los dos vacían la basura al camión. Posteriormente, a bordo del camión los trabajadores se dirigen al parque municipal, una vez terminada la recolección en el parque, se dirigen al mercado municipal. En estos tres lugares, invariablemente, se debe de recolectar la basura todos los días laborales. Una vez concluidas las actividades en estos lugares, se inicia la recolección de basura de las casas de la localidad, cuando se llena el camión se dirigen al relleno Los Colorines a dejar la basura. Hay que mencionar que la frecuencia con la que pasa el camión recolector de basura por las casas habitación es de dos semanas, causando un gran malestar entre la población. La figura 1 ilustra la secuencia del proceso de recolección.

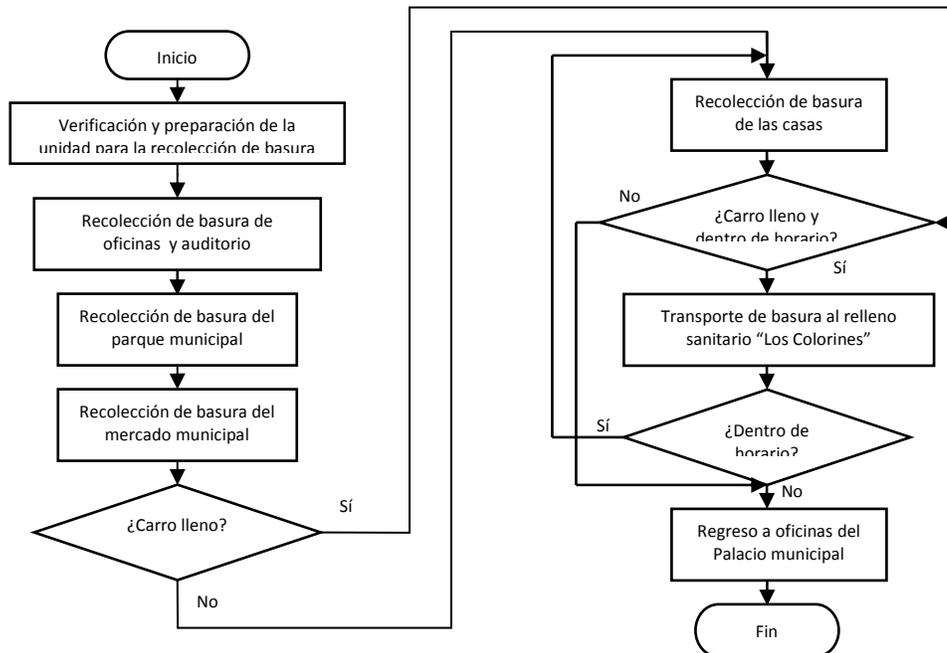


Figura 1. Diagrama de flujo del sistema de recolección de basura en Maltrata, Veracruz.

Para realizar la recolección de datos que representan el comportamiento del sistema real, se necesitó a una persona, quien viajó durante 45 días dentro del camión registrando información, en horario de 7:00 a 15:00 horas, que corresponde al horario laboral de los trabajadores del camión. Los datos recolectados fueron los tiempos de recolección de basura en las oficinas del Ayuntamiento de Maltrata, en el Parque Municipal, en el mercado, en las escuelas, en las casas particulares, así como el tiempo que el camión tarda en descargar la basura en el relleno sanitario, la ruta que sigue el camión y el número de casas atendidas por día.

Una vez que se tenían los datos registrados, se usó el paquete estadístico Stat:Fit, que está incluido en Promodel. Mediante este software se aplicaron tres pruebas de bondad de ajuste a los datos recolectados: Chi-Cuadrada, Kolmogorov-Smirnov y Anderson Darling. El nivel de significancia utilizado para aplicar las pruebas correspondientes a los datos de este estudio fue $\alpha = 0.10$. El resultado obtenido mostró que los datos se ajustaron a distribuciones teóricas conocidas, tales como la beta y la Pearson 6.

3. Validación de los datos.

Una vez que se realizaron las pruebas de bondad de ajuste y se validó el diagrama de la figura 1 con el chofer del camión y con su ayudante, se procedió a construir el modelo de simulación en Promodel.

4. Construcción del programa de simulación.

La figura 2 muestra el modelo de simulación realizado en el simulador Promodel, el cual es un simulador muy poderoso con animación integrada que permite modelar casi cualquier sistema de producción o de servicios (Promodel, 1999). El modelo representa al sistema actual de recolección de basura en Maltrata, Veracruz.



5. *Corridos piloto.*

Se corrió el programa de simulación 10 veces para validarlo en el paso número 6.

6. *Validación del modelo de simulación.*

Una de las etapas cruciales cuando se conduce un estudio de simulación, es sin duda, la validación del programa, ya que si un modelo no representa al sistema real, los resultados que se obtengan no serán útiles al momento de tomar decisiones. Para realizar la validación del programa de simulación se utilizó la prueba estadística t-apareada, que consiste en comparar los resultados obtenidos de la simulación contra los datos observados reales (Law y Kelton, 2000). Se usaron dos medidas de desempeño para la validación: tiempo promedio de servicio en casas y tiempo promedio de recolección en el mercado; utilizando, en ambos casos, un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. En la prueba t_apareada se construye un intervalo de confianza, el cual debe incluir al cero para poder afirmar que no existe una diferencia significativa entre la media de los datos simulados y la media de los datos reales. Cuando se aplicó la prueba t-apareada a ambas medidas de desempeño, se observó que ambos intervalos de confianza incluían al cero, por lo que se aceptó como válido el modelo de simulación.

7. *Diseño de experimentos.*

En esta etapa se determinó el número de replicaciones óptimo que se correría el modelo de simulación del sistema actual. Para determinar este número se estimó el tiempo promedio esperado de servicio a casas (el tiempo de servicio a casas es el que empieza a contabilizarse desde que el

camión se detiene en una parada para recolectar basura de la(s) casa(s) hasta que el camión nuevamente se pone en marcha), con un error absoluto de 0.20 minutos y un nivel de confianza del 90%. Al aplicar la siguiente fórmula (Law y Kelton, 2000):

$$n^*(\beta) = \min \left\{ i \geq n : t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2(n)}{i}} \leq \beta \right\}$$

se obtuvo que el número óptimo de replicaciones fue de 17.

Dentro de esta etapa también se definió la alternativa que sería evaluada, la cual consistió en subir al camión un trabajador más, quedando el sistema de recolección de basura de la siguiente manera: un camión, un chofer y dos trabajadores; así, el chofer se dedica, exclusivamente, a la conducción del camión y los dos trabajadores restantes a la recolección de basura propiamente, evitando con esto que el camión realice alto total en cada parada. Con esta alternativa, que se le llamó el *modelo mejorado*, se propone incrementar la frecuencia de recolección de basura por las calles sin que represente una gran inversión para las autoridades al tener que comprar un nuevo camión, ya que el aspecto de costos es sumamente importante para ellas. Por tanto, se crearon dos modelos de simulación para ser corridos y evaluados, los cuales se describen en el cuadro 1.

Modelo de simulación	Características del modelo de simulación
1. Modelo original	Un camión, el cual incluye un chófer y un trabajador. Ambos recogen la basura. El camión hace alto total.
2. Modelo mejorado	Un camión, el cual incluye un chófer y dos trabajadores que recogen la basura. El chófer sólo conduce el camión y no hace alto total.

Cuadro 1. Características de los dos modelos de simulación que fueron evaluados usando Promodel.

8. Correr el programa.

El modelo del sistema actual, así como el modelo mejorado que incluye a un trabajador más subido en el camión, se corrieron 17 veces cada uno de ellos, creando Promodel el reporte de resultados.

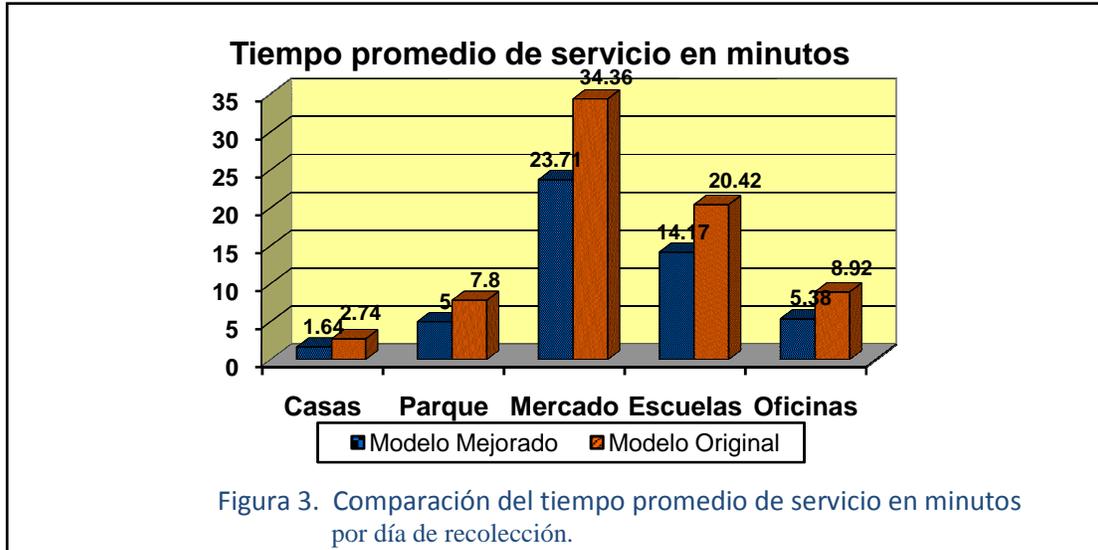
9. Análisis e interpretación de resultados.

Después de haber corrido el modelo del sistema actual, así como el modelo de la alternativa de mejora, 17 veces cada uno de ellos, se obtuvieron los resultados de las siguientes medidas de desempeño.

9.1 Tiempo promedio de servicio en minutos.

El incrementar un trabajador más al sistema de recolección de basura reduce los tiempos de recolección en las casas, el parque, el mercado, las escuelas y las oficinas municipales. La figura 3 muestra que en lo que respecta al tiempo promedio que el camión se tarda en recolectar la basura en las casas éste se reduce de 2.74 minutos a 1.64 minutos en promedio al incorporar un trabajador más; es decir, se reduce en un 40.14%. Note en la misma figura que el tiempo promedio para recolectar la basura en el parque se reduce de 7.88 minutos a 5 minutos, presentando una mejoría

del 36.54%. En el mercado, el tiempo promedio se reduce de 34.36 minutos a 23.71 minutos, lo que representa una reducción del 31.28%. En las escuelas, el tiempo promedio se reduce de 20.42 minutos a 14.17 minutos presentando una mejoría del 30.60%. En la oficinas municipales, el modelo original promedia un tiempo de 8.92 minutos y en modelo mejorado 5.38 minutos; lo que indica una reducción del 39.68%.



9.2 Número promedio de casas atendidas por día de recolección.

La propuesta de incorporar un trabajador más al sistema de recolección actual provoca un incremento en el número promedio de casas atendidas por día de 77 casas a 122, lo que equivale a un incremento del 58.74%, como se puede apreciar en la figura 4.

9.3 Monto promedio por cuota de recuperación recabada por día.

La cuota de recuperación corresponde a la cuota que el usuario debe pagar cada vez que hace uso del servicio de limpia pública, el cual es de \$2.00 pesos. Esta cuota aplica a todos los usuarios sin importar la cantidad de basura que entreguen al camión. En el modelo original se recolectan en promedio \$154.00 pesos diarios, en el modelo mejorado se obtiene en promedio \$244.00 pesos diarios; lo que representa un incremento del 57.07%. La figura 5 muestra esta comparación.

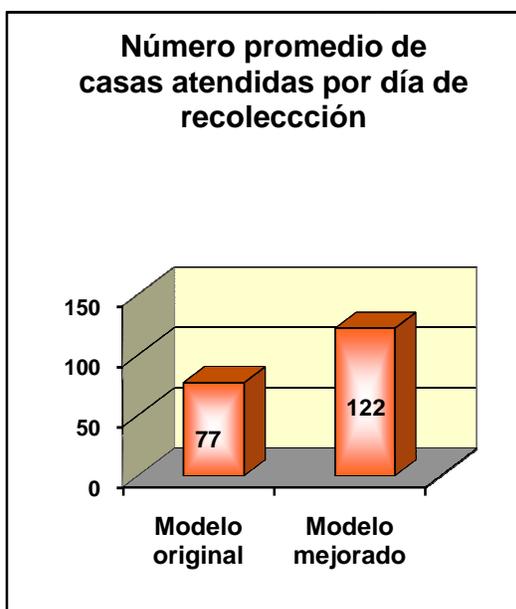


Figura 4. Comparación del número de casas atendidas por día de recolección.

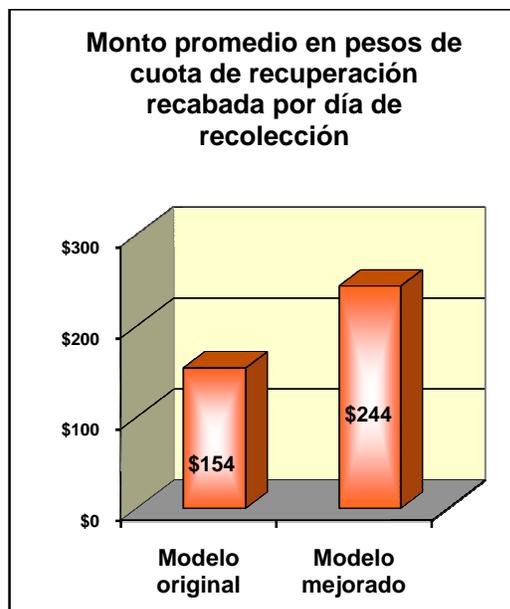


Figura 5. Comparación de la cuota de recuperación por día de recolección.

III. COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados.

Aumentar un trabajador al sistema de recolección de basura actual, sin necesidad de comprar un camión más, genera ventajas importantes tales como el incremento en la frecuencia de recolección por las calles, disminución de los tiempos de recolección de basura, incremento en el número de casas atendidas por día y la generación de un nuevo empleo. El salario de este nuevo trabajador puede solventarse con el excedente de la cuota de recuperación (\$90.00 pesos), ya que un trabajador que realiza este tipo de actividades percibe un sueldo promedio diario de \$85.00 pesos. El Cuadro 2 muestra los beneficios obtenidos con el modelo de simulación mejorado.

Medida de desempeño	Modelo original (1 camión, 1 chófer, 1 trabajador)	Modelo mejorado (1 camión, 1 chófer, 2 trabajadores)
Frecuencia de recolección por calles	2 semanas	1 semana
Número promedio de casas atendidas diariamente	77 casas	122 casas
Promedio de cuota de recuperación por día	\$154.00 pesos	\$244.00 pesos

Cuadro 2. Comparación de los resultados finales del modelo original contra el modelo mejorado

Conclusiones.

El estudio de simulación realizado en el sistema de recolección de basura en la localidad de Maltrata, Veracruz, proporcionó información que permitió analizar el comportamiento de dicho sistema para proponer y evaluar una alternativa que mejora al sistema actual, la cual consistió en asignar un trabajador más al sistema de recolección. Con la implementación de la alternativa se puede mejorar notablemente el desempeño de este sistema sin incurrir en ningún costo, ya que el salario del nuevo trabajador se paga del incremento en la cuota de recuperación que se obtiene al atender diariamente más casas.

Recomendaciones.

Los autores del artículo estamos seguros que el campo de la simulación en conexión con la logística se encuentra en pleno desarrollo y con una amplia variedad de aplicaciones a muchas áreas, no sólo dentro de la ingeniería industrial, sino fuera de ella, por lo que exhortamos a los lectores a seguir profundizando en ella.

IV. REFERENCIAS

El Universal, Caracas, Venezuela. 6 de diciembre del 2005. *Nota periodística* (en línea), consultada por internet el 22 de septiembre del 2009. Dirección de internet: http://www.el-universal.com/2005/12/06/ccs_art_06401H.shtml.

Hurtado Hernández Margarita María, "Optimización de la Recolección de residuos urbanos mediante el enfoque sistémico", *Tesis doctoral*, Escuela Superior de Ingenieros. Campus Tecnológico de la Universidad de Navarra, España, 2004.

Law, Averill M. y David, Kelton. *Simulation Modeling and Analysis*, Mc Graw Hill, U.S.A., 2000.

Promodel *Users Guide*, Promodel Corporation, U.S.A., 1999.

Schriber, Thomas J. "An Introduction to Simulation," John Wiley and Sons, U.S.A., 1991.

SimulArt, Compañía Representante de Promodel en Chile, *Casos de Aplicación* (en línea), 2007, consultada por internet el 22 de Septiembre del 2009. Dirección de internet: <http://www.simulart.cl/caso-kmd.htm>.

Diseño de un modelo de optimización del mantenimiento a través del enfoque axiomático

Ing. Jorge Pedrozo Escobedo MC¹, Dr. Alfonso Aldape Alamillo²,

Resumen— El diseño de nuevas metodologías de optimización del mantenimiento con el objeto de incrementar los niveles de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos ha alcanzado un gran interés en los últimos años, sin embargo, un método científico para diseñarlas no ha sido utilizado aun. La metodología del Diseño axiomático (DA) ha sido utilizada en el desarrollo de nuevos productos y sistemas de manufactura, pero este trabajo intenta expandir su aplicación al diseño de un modelo de optimización del mantenimiento.

Palabras claves—Diseño Axiomático, Optimización, Mantenimiento, Confiabilidad, Mantenibilidad,

I. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas tres décadas, el mantenimiento ha cambiado, quizás mas que cualquier otra disciplina operacional, los cambios se deben entre otras cosas a un enorme aumento en el número y la variedad de los activos físicos, diseños mucho más complejos y a la necesidad cada día más acentuada por mejorar los estándares en materia de seguridad, ambiente y productividad de las instalaciones y sus procesos. Frente a esta avalancha de cambio, los profesionales del mantenimiento han estado diseñando y utilizando diversas técnicas o metodologías buscando alternativas para la optimización del mantenimiento como las presentadas por Connaughton (2005).

Cada una de estas metodologías ha buscado cumplir con la función de optimizar el mantenimiento partiendo de diferentes enfoques para su implementación, pero cada una de ellas son utilizadas en su mayoría por separado, donde una excluye a la otra, y no como un sistema integral que persiga el mismo objetivo.

El diseño de un modelo de optimización de mantenimiento exitoso debe ser capaz de satisfacer los objetivos estratégicos de una compañía. Existen numerosas herramientas para diseñar sistemas. Los marcos de referencia, sin embargo, no separan los objetivos de los significados. Como resultado de esto, es difícil entender las interacciones entre los diferentes objetivos del diseño y las soluciones, así como, el comunicar estas interacciones. La teoría del diseño axiomático (AD) desarrollada por Suh (1990) es un método innovador para resolver racionalmente problemas de diseño, DA provee un marco de referencia valioso para guiar a los diseñadores a través del proceso de decisión con el fin de alcanzar resultados positivos en función del objetivo final del diseño,

II. DISEÑO AXIOMÁTICO

El ímpetu para desarrollar el Diseño Axiomático según Suh (1990) fue la creación de bases científicas dentro del campo del diseño, para hacer del campo del diseño y la manufactura una disciplina académica. Desde entonces, las ideas básicas del diseño axiomático han sido aplicadas en muchas áreas, como productos, procesos, sistemas y diseños organizacionales.

El postulado básico del diseño axiomático es que hay axiomas fundamentales que gobiernan el proceso del diseño. Siendo más específico dos axiomas fueron identificados examinando los elementos comunes siempre presentes en buenos diseños, sean para diseñar producto, proceso, o sistemas.

¹ Ing. Jorge Pedrozo Escobedo MC es estudiante de Doctorado en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Chihuahua, jpdrozo351@hotmail.com (autor corresponsal)

² Dr. Alfonso Aldape Alamillo es Profesor Investigador del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Chihuahua, aaldape@yahoo.com

Basado en estos axiomas de diseño, es posible derivar teoremas y corolarios.

Axioma 1: Axioma de independencia

Mantener la independencia de los requerimientos funcionales. Los **FR** son definidos como el mínimo grupo de requerimientos funcionales que el diseño debe de satisfacer. Los vectores **FR** son la descripción de las metas del diseño, sujetas a las restricciones. La restricciones proveen las fronteras sobre los diseños aceptables y difieren de los **FR** en que ellas no tienen que ser independientes.

A través de un proceso de mapeo se establece el grupo de parámetros del diseño dentro del dominio físico (los como para los FR) los cuales forman el vector **DP**. La relación entre **FR** y **DP** es:

$$\mathbf{FR} = [\mathbf{DM}] \times \mathbf{DP}$$

donde [DM] es la matriz de diseño

$$FR_i = A_{ij} \times DP_j$$

La relación entre **DP** y **PV** es:

$$\mathbf{DP} = [\mathbf{DM}] \times \mathbf{PV}$$

La estructura de los dominios es mostrada en la figura 1, el dominio de la izquierda en relación con el dominio de la derecha representa, lo que queremos alcanzar, mientras que el dominio a la derecha representa la solución del diseño de cómo nos proponemos satisfacer los requerimientos del dominio de la izquierda. Para ir del “que” al “como” se requiere mapear. Houshmand y Jamshidnezhad (2002) establecen que durante este proceso de mapeo el axioma de independencia debe de ser satisfecho.

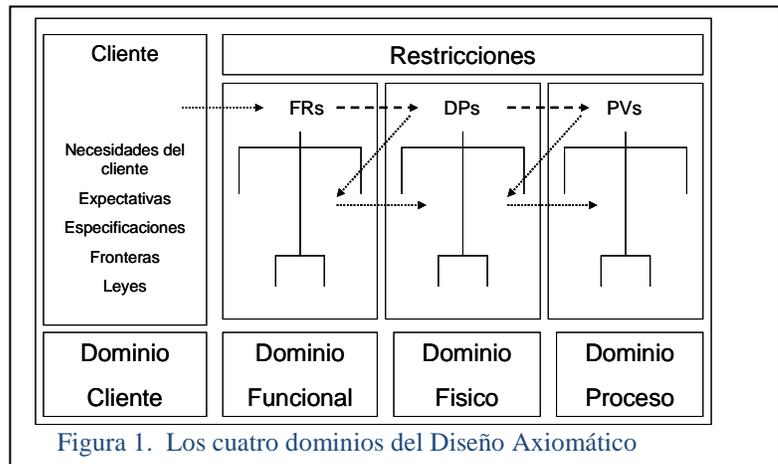


Figura 1. Los cuatro dominios del Diseño Axiomático

Para satisfacer el axioma de independencia, la matriz debe ser diagonal o triangular. Cuando [DM] es diagonal, cada uno de los FR puede ser satisfecho de manera independiente a través de un DP. (diseño desacoplado). Cuando la matriz es triangular, la independencia de los FRs puede ser garantizada si los DPs son cambiados en una secuencia adecuada.

Axioma 2: Axioma de Información

“Minimizar el contenido de información”. Información es definida en términos del contenido de información a la cual es referida, en su forma más simple, como la probabilidad de satisfacer una **FR** dada. En el caso general de n FR para un diseño desacoplado, la satisfacción de la información es:

$$I = \sum_{i=1}^n -\log(p_i).$$

donde: p_i es la probabilidad {DP_i satisface FR_i}

Ya que existe n FR, el total de información a satisfacer es la suma de todas esas probabilidades. El axioma de información establece que el diseño con mínima I es el mejor diseño, ya que requiere la mínima cantidad de información para alcanzar las metas del diseño. Cuando $p_i = 1$ (para todas las i) entonces $I = 0$, y contrariamente la información requerida es infinita cuando $p_i = 0$ para alguna i.

III. DISEÑO DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Para Moubray (1997), el mantenimiento significa “Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas”. Por su parte Anzola (1994), lo describe como

de funcionamiento, **FR3**: “Maximizar la Efectividad Total del Equipo”. La efectividad de un equipo esta determinada por la Disponibilidad de los equipos, la eficiencia de los equipos y el porcentaje de aceptación de los productos.

Los dos últimos requerimientos se explican por si mismos.

FR4: Minimizar Costos del mantenimiento.

FR5: Minimizar accidentes.

La matriz de diseño del primer nivel es desemparejada debido a que FR1, FR2 y FR3 son afectados por DP4, además FR3 es afectado por DP1, DP2 y DP4 ver figura 3. Ya que cada diseño desacoplado depende de la orden de los requerimientos la matriz debe ser modificada como lo muestra la figura 4.

Ahora la matriz es triangular y se puede deducir un orden para el proceso de diseño, por lo que la descomposición de los RF's en niveles jerárquicos se desarrolla en el nuevo orden que ocupan en la matriz de diseño.

$$\begin{pmatrix} \text{FR1} \\ \text{FR2} \\ \text{FR3} \\ \text{FR4} \\ \text{FR5} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{X} & \text{0} & \text{0} & \text{X} & \text{0} \\ \text{0} & \text{X} & \text{0} & \text{X} & \text{0} \\ \text{X} & \text{X} & \text{X} & \text{X} & \text{0} \\ \text{0} & \text{0} & \text{0} & \text{X} & \text{0} \\ \text{0} & \text{0} & \text{0} & \text{0} & \text{X} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{DP1} \\ \text{DP2} \\ \text{DP3} \\ \text{DP4} \\ \text{DP5} \end{pmatrix}$$

Figura 3. Matriz de diseño.

$$\begin{pmatrix} \text{FR4} \\ \text{FR5} \\ \text{FR1} \\ \text{FR2} \\ \text{FR3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{X} & \text{0} & \text{0} & \text{0} & \text{0} \\ \text{0} & \text{X} & \text{0} & \text{0} & \text{0} \\ \text{X} & \text{0} & \text{X} & \text{0} & \text{0} \\ \text{X} & \text{0} & \text{0} & \text{X} & \text{0} \\ \text{X} & \text{0} & \text{X} & \text{X} & \text{X} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{DP4} \\ \text{DP5} \\ \text{DP1} \\ \text{DP2} \\ \text{DP3} \end{pmatrix}$$

Figura 4. Matriz Modificada.

Descomposiciones jerarquicas de los FRs de primer nivel

DP4“Eliminar los desperdicios” este es un parámetro de diseño muy comprensible pero que no puede ser aplicado al nivel del área de operación del mantenimiento por lo que es necesaria la descomposición hasta un nivel jerárquico practico. (Ver figura 5).

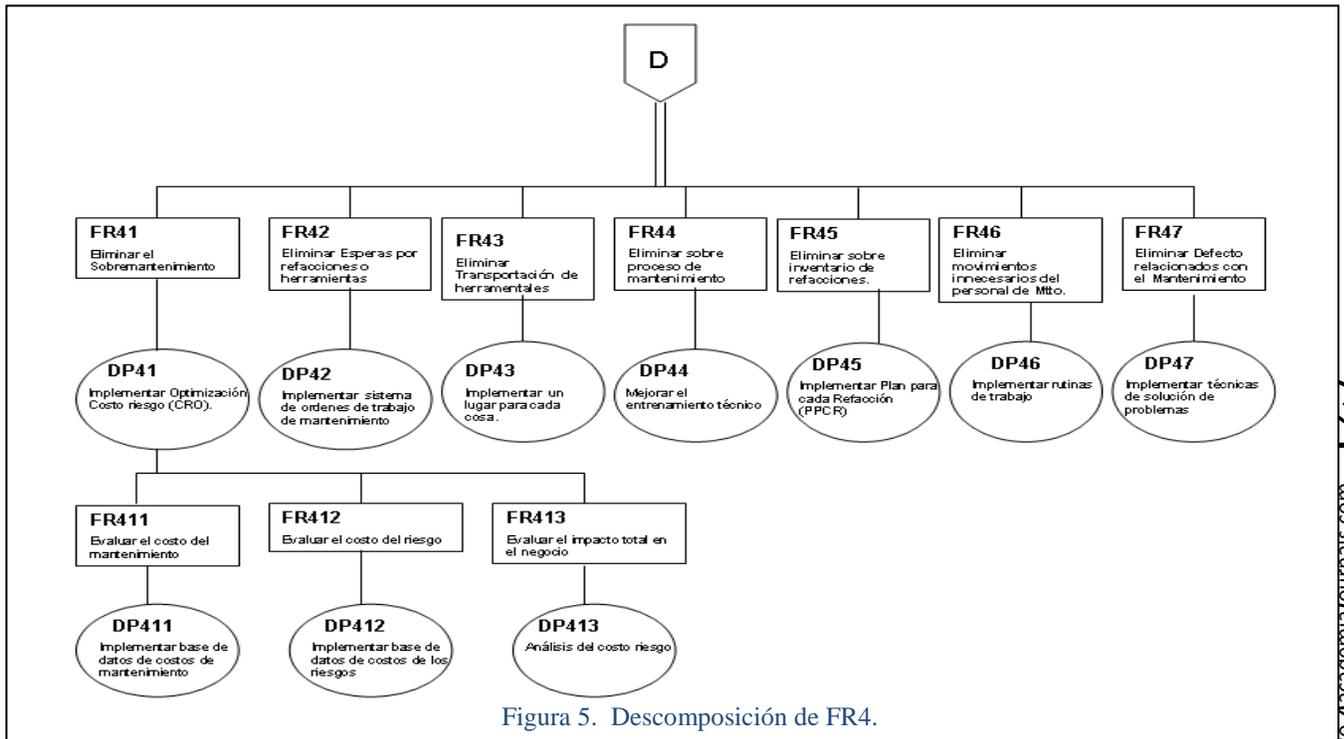
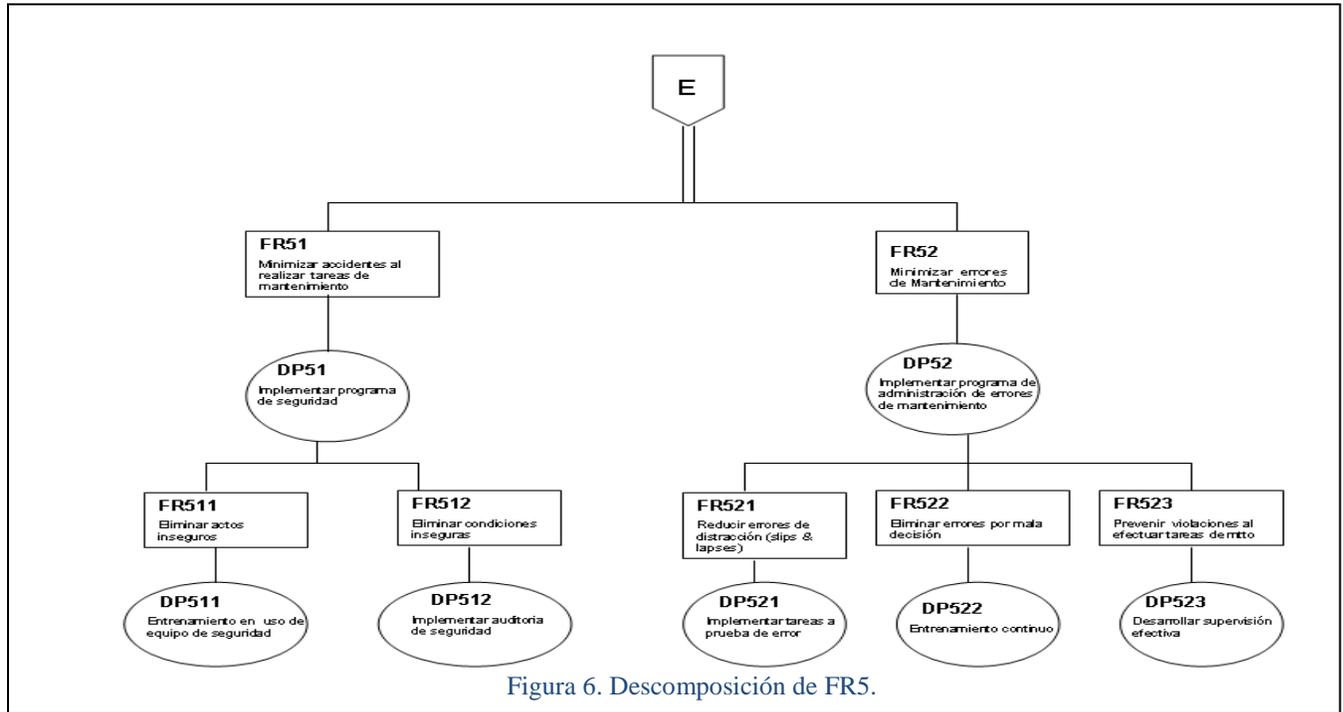
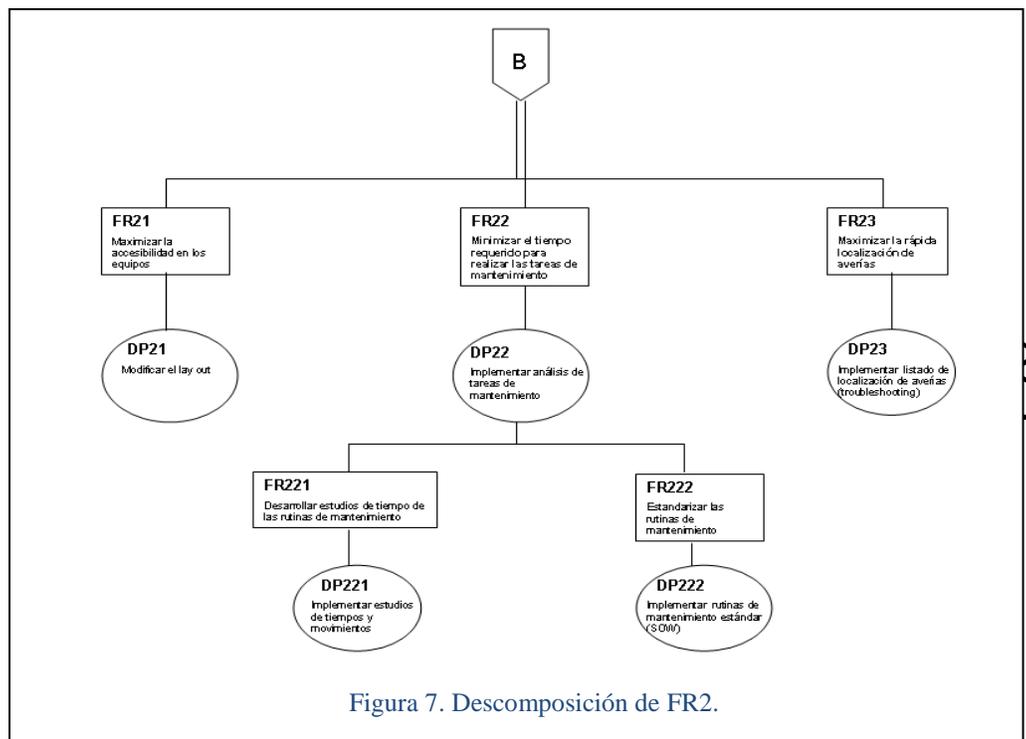


Figura 5. Descomposición de FR4.

FR5 “Minimizar accidentes”. Implica realizar las actividades del mantenimiento sin cometer actos o condiciones inseguras, así como, administrar el error humano, ver figura 5.



FR2 “Minimizar el tiempo de reparación”, es un requerimiento muy importante dentro del proceso de optimización del mantenimiento, el parámetro de diseño DP2 asociado a este requerimiento es conocido como mantenibilidad Knezevic (1996) Como DP2 mantenibilidad no puede ser aplicado al nivel del área de operación del mantenimiento es necesario descomponerlo en su siguiente nivel



jerárquico el cual es mostrado en la figura 7.

FR1 “Maximizar la confiabilidad”. El Parámetro de diseño asociado a este requerimiento DP1 “Implementar Mantenimiento Centrado en la confiabilidad” (RCM) por sus siglas en ingles es una técnica

de mantenimiento que reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúan consiguiendo su capacidad incorporada, confiabilidad inherente. Para aplicar este requerimiento operacional al nivel apropiado es necesario realizar la descomposición como lo muestra la figura 8

FR3 “Maximizar la Efectividad del equipo”. La efectividad del equipo se refiere a un desempeño integral de un activo o proceso, y es integral por que establece que la efectividad esta en función de tres requerimientos, los cuales componen el segundo nivel jerárquico de descomposición de este requerimiento, ver figura 9

Restricciones

C1: Minimizar variación con el Presupuesto establecido por la organización. Toda organización cuenta con un presupuesto para su operación y no es justificable solicita un incremento o simplemente no ejercerlo debido a la optimización del mantenimiento.

Aunque el modelo diseñado cuenta con un RF de costo éste esta acotado por el presupuesto establecido es decir el modelo propuesto no debe exceder en costo mas allá del presupuesto establecido por la organización.

C2: Minimizar incidentes ambientales (ISO 14000). En la actualidad las organizaciones deben cumplir con

regulaciones de carácter ambiental por lo que las prácticas del mantenimiento deben de cumplir dichas regulaciones independientemente de la intención de optimizar el mantenimiento. Estas dos restricciones son conocidas como restricciones de entrada (input constrain), es decir, son restricciones dentro de las especificaciones del diseño. Las restricciones de entrada son usualmente expresadas como

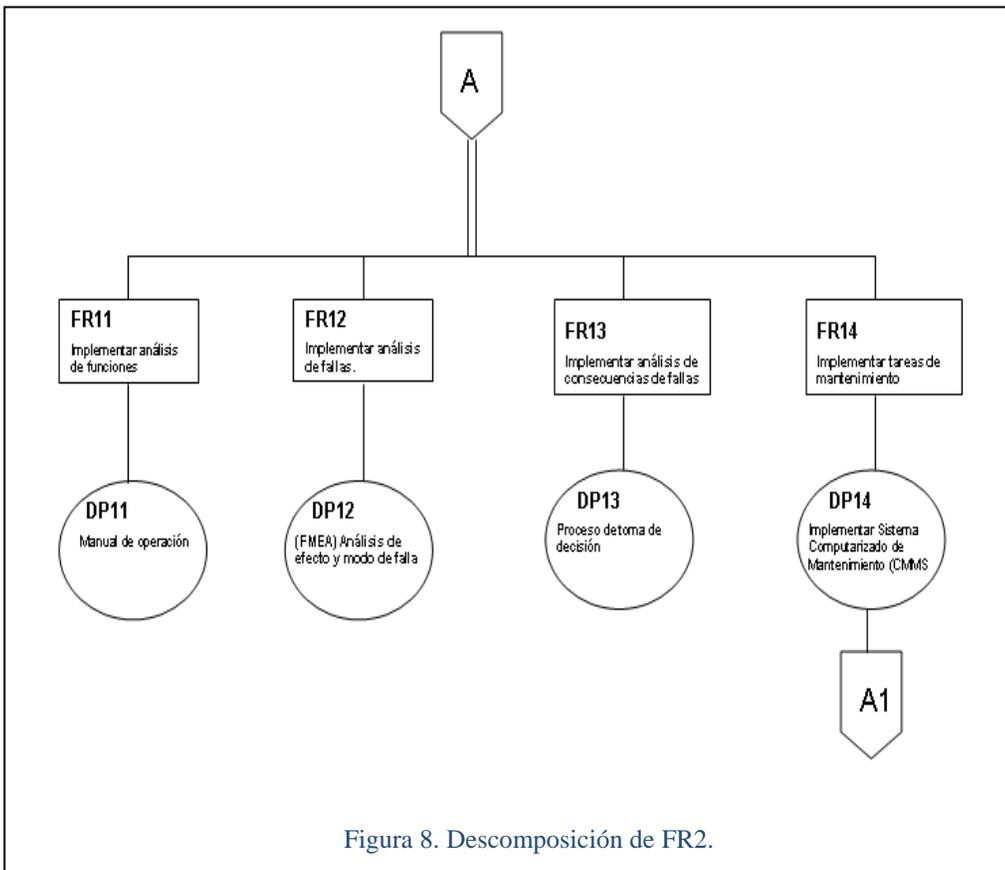


Figura 8. Descomposición de FR2.

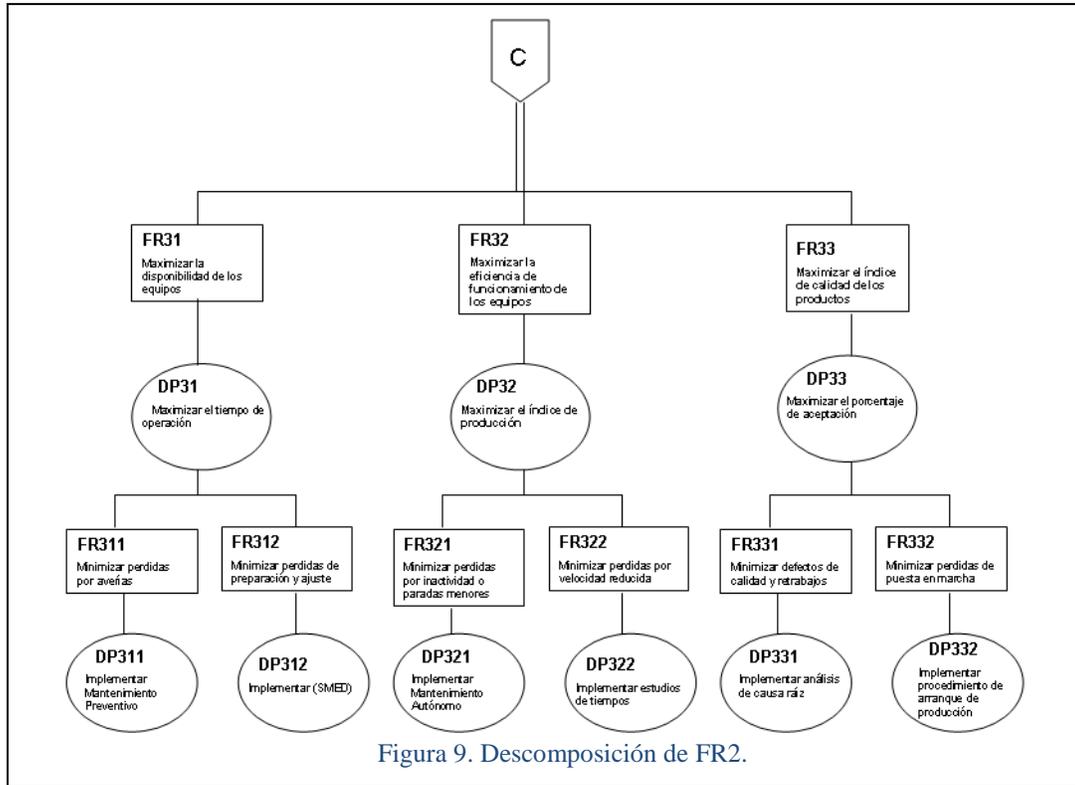
fronteras o limites dentro de los cuales el modelo debe ser diseñado.

IV. COMENTARIOS FINALES

Recomendaciones

Debido a la naturaleza cualitativa de los FRs y DPs del primer nivel jerárquico desarrollados en este modelo se recomienda el uso de índices de evaluación del desempeño para sustituir a cada FR del

primer nivel jerárquico, con el fin de ser utilizados cuantitativamente y permitan la aplicación del segundo axioma del diseño axiomático.



V. REFERENCIAS

Amendiola L. "Modelos Mixtos de Confiabilidad", Datastream. Valencia. España. 1994.

Anzola, F. y Pradhan, S." Maintenance Strategies for Greater Availability. Maintenance & Retrofitting ", p. 39. 1994.

Connaughton G.E." El estado de arte del mantenimiento en Norteamérica", Dialnet electronic journal. The International Maintenance Congress. 2005

Houshmand y Jamshidnezhad . Conceptual Design of Lean Production Systems through an Axiomatic Approach. Second International Conference on Axiomatic Design Cambridge, MA – June 10&11, 2002 ICAD 033. 2002.

Husband, T. M. "Maintenance, management and terotechnology", Saxon House. 1976

Knezevic J. "Manteniabilidad" editorial Isdefe primera edicion febrero 1996.

Liyange, J. P. & Kumar, U. Towards a value-based view on operations and maintenance performance management. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 9, 333-350 2003

Moubray J. Reliability-Centered Maintenance II, Industrial Press. 1997.

Suh, N.P. (1990), 'The Principles of Design, Oxford University Press.

INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LAS PYMES MEXICANAS DE MANUFACTURA APLICANDO LA METODOLOGÍA JAPONESA DE LAS 5's

M.C. Ana María Pérez Novara¹, Dr. Enrique Augusto Martínez Martínez²,

Resumen— Las PYMES en México, son en su mayoría empresas familiares, que por sus características, no tienen establecidos sistemas que permitan incrementar su productividad. Cuando estas empresas están dispuestas a mejorar, recurren por lo general a metodologías complicadas que funcionan únicamente cuando ya se tiene un sistema establecido.

En este trabajo se presentan resultados obtenidos con PYMES de manufactura Mexicanas en las cuales el proceso de mejora se basa en incrementar la eficiencia de recursos por medio de la metodología japonesa de las 5's. y se describe el proceso para implementar el sistema en una planta de manufactura metalmecánica pequeña. Los resultados, medidos, revelan incrementos del 30% al 100% prácticamente sin inversiones por parte de la empresa.

Palabras claves—PYMES, Manufactura, Productividad, 5' s.

I. INTRODUCCIÓN

En México, existen aproximadamente 4.15 millones de unidades productivas (empresas) de las cuales el 92% son MIPYMES; de éstas, aproximadamente el 16% (650,000) son empresas de manufactura, generalmente familiares, carentes de una filosofía de calidad y productividad adecuadas y con un capital que no permite la implementación de costosos sistemas de calidad y mejora continua que, adicionalmente, consumen tiempo valioso para la operación de la planta productiva.

Parte importante de la problemática es que los requerimientos en México, se sustentan en adaptaciones occidentales de conceptos orientales, originados fundamentalmente en Japón, que han sido entendidos de manera diferente, haciendo su aplicación mucho más compleja.

El Método Toyota (Toyota Total Productive Method) fue desarrollado en Japón en los años 50's¹, sobre una base integrada de actividades de producción, mantenimiento, operaciones, finanzas, capacitación e integración humana, las que a su vez conjugan orden, limpieza, compromiso, integración y eficiencia y conllevan a beneficios escalonados como son "Poka Yoke" (a prueba de errores), "Jidoka" (control autónomo), "Kaizen" (mejora continua), etc, los cuales de forma integrada conforman el método Toyota, pero que independientemente generan incremento no solo de la calidad, sino de la productividad de la empresa.

En la filosofía occidental, el equivalente actual del método Toyota se define como "Lean Manufacture" (manufactura esbelta)², pero se trabajan, de manera independiente las actividades de

¹La M.C. Ana María Pérez Novara es Directora de la empresa Desarrollo Tecnológico y Negocios, S.C. México. n0hara@yahoo.com.

²El Dr. Enrique Augusto Martínez Martínez es investigador del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana. México. enriqmartinez@uv.mx. (autor corresponsal).

mantenimiento (TPM = mantenimiento productivo total), calidad (ISO 9000, QS-9000) o eficiencia (JIT= justo a tiempo), con lo cual su implementación es mucho más costosa y lenta, sin que por separado se asegure más allá de una calidad estándar del producto (sin representar esto una buena calidad necesariamente) y haciendo muy difícil asegurar un incremento de la productividad.

Siendo las PYMES Mexicanas, empresas con pocos recursos económicos y México un país carente de una filosofía propia, que adopta fácilmente y sin evaluación alguna, las metodologías occidentales es pertinente hacer un análisis de las bases de las dos filosofías, la occidental y la oriental para encontrar puntos de convergencia que permitan el desarrollo o adopción de una filosofía propia y adecuada a nuestras necesidades, que permita a la industria nacional ser más competitiva.

II. EL METODO TOYOTA

El Método Toyota es un Sistema Integral de Producción y Gestión que se desarrolla dentro de una filosofía de manufactura, con el objetivo de *lograr una producción más eficiente*. Para el logro del objetivo el método se sustenta en dos grandes pilares: Mejorar continuamente y brindar al trabajador respeto y las mejores condiciones de trabajo³.

Para lograr una Mejora Continua (*Kaizen*), se establece que, la producción debe realizarse, “*en base a demanda*”, produciéndose el número exacto de unidades requeridas, con un control de proceso automatizado y tan autónomo como sea posible (*Jidoka*), minimizando así fallos humanos y/o de proceso manual (*Poka Yoke*) y con un mínimo de desperdicio (*Muda*).

Para la producción exacta de unidades deseadas y evitando desperdicio de: materiales, sobre producción, transporte, movimientos, tiempos muertos e inventarios, se necesita recibir el material correcto, en la cantidad exacta requerida, en el lugar adecuado y en el momento preciso para evitar almacenaje, lo cual se engloba en el concepto de “Justo a tiempo” (*JIT*)⁴, el cual es el eje principal del método. Adicionalmente, actividades paralelas de mantenimiento, como el mantenimiento autónomo, de control (*kanban*) y de disciplina e integración del personal, son fundamentadas en las “Cinco Eses” (5’S), una herramienta que por sí sola, ha probado ser la parte fundamental para la implementación no solo del método Toyota, sino de todos aquellos sistemas de calidad (ISO, QS), mantenimiento (TPM)⁵ y control de proceso (6σ).

III. SITUACIÓN EN MÉXICO

En la Industria Mexicana existen aspectos como, la inestabilidad económica, el alza constante de los precios de materias primas y la invasión de productos Chinos, entre otras, que están requiriendo a los sectores productivos a reducir los costos de manufactura, de forma tal que permita el incremento de competitividad. Las empresas grandes, que de alguna forma han logrado establecer sistemas de calidad y/o cuentan con una solvencia económica suficiente para implementarlos no sufren la incertidumbre de las micro, medianas y pequeñas empresas (MPYMES), las cuales carecen del capital necesario para implementar sistemas integrados de calidad-productividad.

A partir de 2002 el Gobierno Mexicano inició, con el apoyo del Gobierno Japonés a través de la Agencia japonesa de Cooperación Internacional (JICA), un programa piloto que permitiera comprobar la hipótesis que, aplicando los principios básicos del método Toyota, Mejora continua (*Kaizen*) y disminución de desperdicios (*Muda*), es factible alcanzar considerables niveles de productividad incrementada a costos muy bajos. El programa se sustenta en la aplicación de las 5’S y más aún en la aplicación de las primeras 3’S a PYMES de diversos sectores de la industria manufacturera Nacional.

IV. LAS 5'S

Las 5'S, describen un proceso secuencial que tiene como objetivo principal el elevar la productividad, calidad, seguridad e imagen de la empresa, disminuyendo inventarios, costos y averías en la maquinaria y adicionalmente generar lugares de trabajo, cómodos y seguros de los cuales el trabajador pueda sentirse orgulloso. La secuencia de implementación es lógica y se describe a continuación:

Seiri. Seleccionar y clasificar. En este paso todos aquellos objetos, maquinas, herramientas, aditamentos, etc., que se localizan en el área de trabajo seleccionada, se separan de acuerdo a su frecuencia y necesidad de uso, pudiendo dejarse en un lugar cercano, enviarse a un almacén o desecharse definitivamente. En el área de trabajo solamente deben quedar los artículos indispensables y en el número requerido para el trabajo. Esta "S", permite, además de liberar espacio, el poder detectar excesos de insumos y materiales, sobre-producción, etc., lo cual se asocia a "Muda", además de detectar deficiencias en los sistemas de compras y/o ventas.

Seiton. Ordenar. Una vez seleccionado y separado lo útil de lo no útil, el siguiente paso consiste en ordenar de forma adecuada y acorde al proceso o uso, todo lo que se encuentra en el lugar, buscando un arreglo tal que, el alcanzar una herramienta o un insumo necesario represente la distancia más corta, con el menor esfuerzo y en el menor tiempo posible (Muda). Es necesario que cada cosa tenga un lugar específico para evitar pérdidas de tiempo "buscando", para lo cual es adecuado utilizar etiquetas (Kanban), que indiquen en cada lugar, anaquel, archivero, etc., que hay, de qué medida, en qué cantidad, de qué etapa del proceso proviene y a cual debe continuar, etc., así como también es posible delimitar áreas o zonas de trabajo, transito, almacenaje, etc., pintando en el suelo los límites correspondientes.

Seisou. Limpiar. Teniendo ordenado el lugar de trabajo, el paso siguiente consiste en mantenerlo limpio e implica limpiar no solamente paredes y pisos, sino también herramientas y maquinaria. Si bien la limpieza de las áreas de trabajo generalmente la realiza personal de limpieza, la correspondiente a la maquinaria debe hacerla el operador de la misma; esto permite que en el proceso de eliminar polvo, aceite o algún otro elemento, se detecten fugas de fluidos de enfriamiento, lubricantes, etc., así como elementos, tuercas, tornillos, abrazaderas, etc., que estén flojos o se hayan perdido. Cuando el mismo operador repone la pieza perdida o fija un elemento que esta flojo, se tiene, como valor agregado lo que se denomina "Mantenimiento Autónomo", el cual representa considerable ahorro de tiempo y evita los tiempos muertos que se generan esperando al personal de mantenimiento (Muda) e incrementa la eficiencia del proceso (Kaizen).

Seiketsu. Estandarizar. Una vez implementadas las primeras 3'S, el siguiente paso consiste en estandarizarlas, por medio de procedimientos escritos, establecer y controlar todo lo que hay que hacer de manera continua, indicándose los tiempos, lugares y responsables, así como las herramientas e implementos a utilizar para tal fin. El personal es una parte fundamental de la planta, por lo que su limpieza debe ser también reglamentada y estandarizada, indicándose el tipo de ropa e implementos de seguridad con los que se debe cumplir.

Shitsuke. Disciplinar. Esta "S" puede considerarse como la culminación del proceso, implica que una vez implementadas las primeras 4'S, todo el personal debe haber adquirido hábitos y auto disciplina para entender y hacer, sintiéndose orgullosos, participativo y parte integral de la empresa.

IMPLEMENTACION DE LAS 5'S EN PYMES MEXICANAS

La implementación de cualquier sistema de calidad / productividad, requiere de acciones estandarizadas. La metodología adoptada en el programa JICA-CANACINTRA se describe brevemente a continuación.

1.- Convencimiento de la alta dirección. Ha sido importante para el proyecto actuar en el contexto de la CANACINTRA y con el apoyo de la Secretaría de Economía. Normalmente a los

empresarios se les capta en las reuniones de la Cámara, con lo que se garantiza una cobertura institucional y a nivel Nacional.

2.- **Declaración formal del inicio del programa.** Generalmente se realiza una reunión con el empresario y sus gerentes donde se explica el objetivo del programa, se realiza un recorrido por la empresa y se elabora un diagnóstico muy específico sobre la situación actual de la empresa. Se realiza una reunión de cierre y se dan sugerencias de mejora, específicas, evidentes, claras y concretas, con el compromiso de la empresa de que las implementará inmediatamente⁶. (Por ejemplo: acomodar los moldes en gabinetes, seleccionar la herramienta, poner charolas al lado de las fresadoras, etc.)

3.- **Capacitación y formación de grupos.** En la siguiente visita (normalmente 4 semanas después) se observa la implementación de las mejoras sugeridas: si se realizaron o no, con qué profundidad y con qué participación, lo que refleja la actitud y espíritu de mejora de la empresa. Se imparte un curso de inducción - capacitación en 5's a todo el personal de la planta al mismo tiempo y terminando el curso se forman grupos de trabajo, generalmente por áreas, nombrándose un encargado de 5's para toda la planta y un coordinador para cada grupo.

4.- **Elaboración de programa de trabajo.** Cada grupo elabora su programa de trabajo por etapas, es indispensable que el programa sea por escrito, y se especifiquen claramente fechas y responsables.

Seiri. Cada equipo hace una lista de los objetos que se encuentran en su área, los clasifican de acuerdo a su uso: los objetos o artículos de uso diario y a cada momento, los de uso diario esporádico, uso semanal, mensual, etc, y lo que ya no se usa. Se determina que se va a hacer con lo que no se usa: Tirar, vender, regalar, archivo muerto, etc.

Seiton. Se establecen los lugares donde se van a colocar objetos, herramientas, productos, materia prima, etc. Se elaboran letreros que indiquen claramente el sitio de los objetos.

Seisou. Se limpia, siendo importante que todo el personal participe en el proceso limpiando su área y previendo las causas por las que se ensucia

Seiketsu. Se procura que la gente se acostumbre a limpiar y acomodar su área antes y después de empezar a trabajar.

Shitsuke. Una vez que la gente se acostumbra a realizar una rutina de orden y limpieza, se eleva el nivel. Esto por ejemplo se logra con lo que se llama 5's por 3 minutos, 5's por 5 minutos, 5's por 10 minutos. Donde las rutinas se van enriqueciendo una vez que la gente se acostumbró a hacer lo más sencillo.

5.- **Seguimiento.** Es fundamental tener reuniones de revisión y evaluación periódicas, donde se informe los avances y logros alcanzados y se planteen nuevas metas.

PUNTOS PARA UNA IMPLEMENTACIÓN EXITOSA:

El incentivo. Recompensar de manera sencilla al personal, p/ej.: comprar con la chatarra que se vendió un horno de microondas para que calienten su comida, poner en el área que quedó limpia y desalojada una mesa y sillas para la hora de la comida, etc.

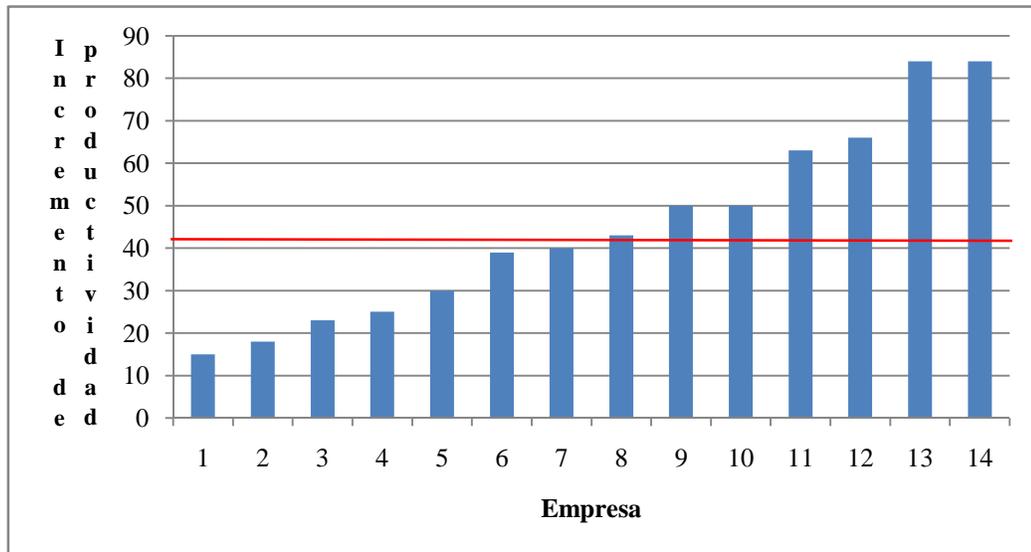
No perder de vista que el objetivo es la PRODUCTIVIDAD, que se desperdicie menos tiempo en caminar, buscar, acarrear, componer, etc. y que la mayor parte de las actividades den un valor agregado.

Las actividades de 5's deben formar parte del trabajo diario, se realizan en horas de trabajo.

RESULTADOS

A partir de 2003 a la fecha (Septiembre 2009) CANACINTRA y JICA, con el apoyo de la Subsecretaría de las PYMES de la Secretaría de Economía, han apoyado en la implementación de las 5'S a 1,200 empresas y capacitado a 24,500 personas de 25 entidades federativas participantes en el programa.

El incremento de productividad de una muestra de 13 empresas se muestra en la gráfica 1. Como puede observarse el incremento varía en un intervalo muy amplio, que va desde un 13 hasta un 84% y esto es atribuido principalmente al estado inicial de la empresa evaluada, ya que algunas de ellas ya llevaban algún tipo de orden mientras que otras se habían manejado de manera desordenada y sin planeación alguna; Sin embargo se puede observar que el programa arroja resultados muy favorables con incremento de productividad promedio del orden del 42%.



Gráfica 1. Incremento de productividad por Empresa

Debido a la diversidad de empresas apoyadas y a las diferentes áreas problema detectadas en el diagnóstico inicial, es difícil utilizar un solo indicador de productividad; los resultados positivos se observan en cada caso desde un punto de vista diferente y se reflejan en muchas ocasiones en actividades distintas. El impacto del programa visto desde éste enfoque se muestra en la gráfica 2, en la cual se dividen los indicadores de una manera más específica y de donde puede observarse nuevamente un valor promedio cercano al 40%.



Gráfica 2. Incremento por áreas específicas.

Uno de los objetivos del programa ha sido orientado al desarrollo de proveedores para el sector automotriz de Japón en México, para lo cual se seleccionaron 30 empresas. En la tabla 1, se resume el promedio en la mejora de las 30 empresas, en donde se puede observar el impacto positivo del programa. Es importante hacer notar que, la industria Japonesa con estos indicadores y sus resultados en calidad / productividad de la planta industrial, acepta actualmente a dichas empresas como proveedoras, sin mayores requisitos, como podría ser ISO 9000 o equivalentes.

No.	CONCEPTOS	%
1	Incremento de la productividad	30
2	Incremento en las ventas.	30
3	Establecimiento de las operaciones estandarizadas	40
4	Eliminación de actividades innecesarias en los procesos productivos (muda)	60
5	Implementación de kaizen por medio de grupos de mejora continua	35
6	Establecimiento de sistema de multi-habilidades de los operarios.	35
7	Optimización del Layout de la empresa	45
8	Implementación de control visual	60
9	Implantación de las 5s's tanto en oficinas como en planta.	60
10	Disminución de inventarios	70
11	Consolidación de nuevas líneas de producción	45
12	Incremento de exportaciones	25

Tabla 1. Mejora promedio de 30 empresas del Sector automotriz

CONCLUSIONES

Las 5'S, representan una metodología que por sí misma, genera importantes mejoras en la productividad y calidad de la MPYMES.

La metodología ha sido implementada en México con resultados que fluctúan entre el 30 y el 40% en incremento de productividad en más de 1,200 empresas apoyadas por el programa México – Japón.

La metodología es sencilla, económica y pone las bases para que, de así desearse o requerirse, se implementen programas de Calidad-Productividad más sofisticados, de forma eficiente y menos costosa.

El éxito en la implementación de la metodología permite sugerir que los sectores industriales Nacionales podrían generar su propio sistema de productividad, estandarizándolo de forma congruente por medio de las organizaciones correspondientes.

BIBLIOGRAFÍA

- ¹Shiguo Shingo. Study of Toyota Production System from Industrial Engineering Viewpoint. Japan Management Association. 1981.
- ²Benjamin Niebel y Andris Freivalds. Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseños del Trabajo. Ed. Alfaomega. 2001.
- ³Kaoru Ishikawa. ¿Que es el Control Total de Calidad?, La modalidad japonesa. Norma. 1985.
- ⁴Hitoshi Kume. Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad. Norma. 1992.
- ⁵Total Productive Maintenance. Japan Institute of Plant Maintenance. 2002.
- ⁶Introducción al Estudio del Trabajo. Oficina Internacional del Trabajo Ginebra. Ed. Limusa. 2002.

Modelo Matemático para una Óptima Distribución y Programación de Vehículos Colectores de Materiales Reciclables en la ciudad de San Antonio, Texas USA

Mario Angel Quispe MA¹, Dr. Gopalakrishnan Easwaran², Dr. Rafael Moras³

Resumen: la gestión de residuos sólidos (basura) y materiales reciclables es un problema grave casi universal en las grandes ciudades. El problema es debido al constante crecimiento de la población y al desarrollo industrial y comercial en estas zonas urbanas. La ciudad de San Antonio es una de las ciudades de más rápido crecimiento en los Estados Unidos que cuenta con una población de alrededor de 1,3 millones de habitantes. Recientemente, la Municipalidad de San Antonio ha adoptado nuevas estrategias para la colección de residuos sólidos y materiales reciclable a través de un programa, el cual esta enfocado en reducir espacios en la planta de relleno sanitario a través del reciclaje. Este programa promete ser de mucho beneficio para el medio ambiente y la conservación de recursos naturales. Los materiales reciclables y residuos sólidos son recogidos de diferentes partes de la ciudad en vehículos colectores y luego transportados al centro de reciclaje. Los desafíos y problemas que afronta el Departamento de Residuos Sólidos y Reciclaje (SWMD) para una colección eficiente son difíciles y significativos. Estos problemas incluyen la distribución eficiente de vehículos colectores en las diferentes rutas de la ciudad, como también la planificación y programación de vehículos para la colección de materiales reciclables de manera diaria durante la semana, así como también una distribución eficiente del personal. Una mejora en la distribución y programación de rutas para la colección de materiales reciclables contribuirá en una reducción de costos y un ahorro considerable para a ciudad. En nuestra investigación, nosotros diseñamos y desarrollamos un modelo matemático para una óptima distribución y programación de vehículos colectores durante la colección de materiales reciclables. Además nuestro modelo matemático y sus soluciones están enfocados a reducir el kilometraje y costos de operación durante las operaciones de manejo de reciclaje así como también la determinación de las rutas óptimas y horarios para los vehículos colectores. Este estudio ofrece un sistema práctico a las autoridades municipales y administradores los cuales tendrán una mejor visión durante la toma de decisiones relacionados a este problema. Este modelo además mejorará la eficiencia, y reducirá costos durante las operaciones de recolección de materiales reciclables.

Palabras claves: modelo de optimización, reciclaje, residuos sólidos, rutas de operación y medio ambiente.

INTRODUCCION

El manejo y la recolección de residuos sólidos (basura) y su disposición final en los rellenos sanitarios se han convertido en un grave problema ambiental, debido al crecimiento acelerado de la población y la industrialización en las grandes ciudades en todo el mundo. Actividades humanas diarias tienden a crear grandes cantidades de residuos sólidos, en particular en áreas urbanas (Tavares et al., 2008). Se estima que los Estados Unidos generan más desechos sólidos per cápita que cualquier otro país. Cada persona produce un promedio de 2,2 kg (4 libras) de residuos sólidos por día (Raven y Berg, 2006). Con tan enormes cantidades de residuos sólidos que se producen, las grandes ciudades afrontan graves problemas para el manejo de residuos sólidos y su disposición final. Además, las operaciones de manejo de residuos sólidos es uno de los servicios mas costosos que una ciudad ofrece a sus

¹ Mario Angel Quispe MA es estudiante de maestría de Gestión de Ingeniería de Sistemas en *St. Mary's University* de la ciudad de San Antonio, Texas USA. mquispe@mail.stmarytx.edu (autor corresponsal).

² Dr. Gopalakrishnan Easwaran es profesor de la facultad de Ingeniería Industrial en *St. Mary's University* geaswaran@stmarytx.edu

³ Dr. Rafael Moras es director de la facultad de Ingeniería Industrial en *St. Mary's* rmoras@stmarytx.edu

residentes (Bhat, 1996). Por ejemplo, el presupuesto anual del Departamento de Sanidad de la Ciudad de Nueva York es de aproximadamente 1,5 millones de dólares por año y una gran parte de este presupuesto es asignado para la recolección y disposición final de los residuos sólidos (Ricchio & Litke, 1987). Otros estudios también han estimado que la recolección y transporte de residuos sólidos pueden alcanzar hasta 70% del presupuesto total incluyendo gastos laborales del personal que opera (Ghose et al, 2006; Dogan y Duleyman, 2003). A través de los años, las operaciones y la disposición final de residuos sólidos se han convertido muy costosas, y hoy en día es necesario desarrollar nuevas alternativas de solución para mitigar este problema. Por otra parte, las plantas de relleno sanitario se llenan rápidamente y nuevas zonas de depósito son más difíciles de encontrar debido a los problemas ambientales que estos pueden ocasionar (Bodin y et al., 1989). Por lo tanto, las operaciones de reciclaje son una buena alternativa para el ahorro de espacio en las plantas de relleno sanitario. El reciclaje de materiales tales como papel, vidrio, plástico y metales, también ofrecen otros beneficios como el ahorro de energía, la creación de nuevos puestos de trabajo y la reducción de las operaciones de costos. Además, el reciclaje conserva los recursos naturales y proporciona beneficios medioambientales.

En los últimos años, la gestión del Departamento de Residuos Sólidos (SWMD) de San Antonio ha aumentado sus operaciones. La recolección de materiales reciclables se inicia en las zonas residenciales, donde los materiales reciclables se colocan en contenedores especiales en la calles por los residentes para luego ser recogida. Luego, los materiales reciclables son transportados a la planta de reciclaje. Este programa utiliza un número determinado de vehículos para recolectar y transportar los materiales de diferentes partes de la ciudad al centro de reciclaje. Allí, los materiales son procesados en función de su clasificación. En la Figura 1 se muestra la secuencia de actividades durante la recolección de materiales reciclables y residuos sólidos.

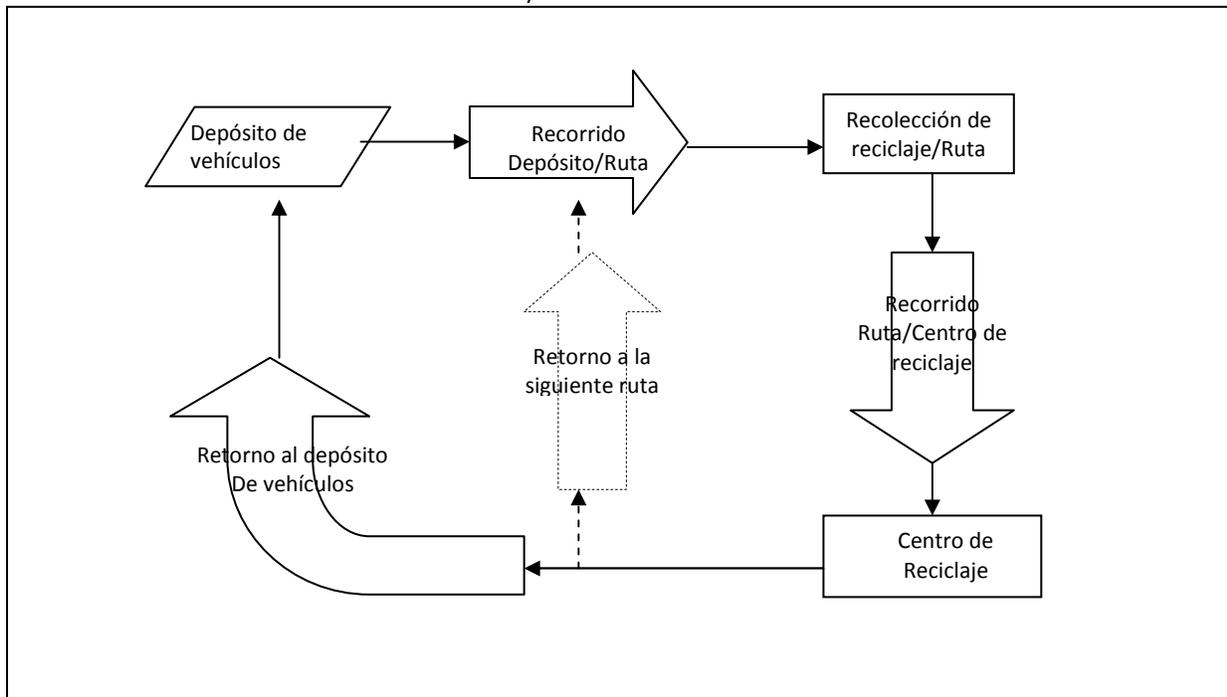


Figura 1. Secuencia de actividades durante la recolección de materiales reciclables y residuos sólidos

Hoy en día las operaciones de recolección y disposición final son costosas, y es necesario justificar las inversiones en términos de viabilidad económica, tecnología y los beneficios ambientales (Tavares et al., 2008). La optimización de las operaciones de reciclaje requiere una atención especial durante la distribución y programación de los vehículos de operación para una recolección eficiente (Tavares et al., 2008).

El principal objetivo de este estudio de investigación es evaluar las operaciones durante el proceso de recolección y luego la elaboración de un modelo matemático que permitan una distribución y programación eficiente de vehículos durante las operaciones de recolección de los materiales reciclables. Este modelo óptimo también nos ayudara a reducir al mínimo los costos de las operaciones. Por lo tanto, los principales objetivos de este estudio son: (1) desarrollar un modelo óptimo para la distribución y programación de vehículo los cuales reducirán los costos de operación y poner en práctica este modelo y (2) minimizar los gastos de operaciones durante la recolección de residuos sólidos y materiales de reciclaje. Este modelo además ayudará a las autoridades municipales en la toma de decisiones relacionadas con las operaciones de recolección, y a determinar el tamaño óptimo del personal, y una mejor planificación de las áreas urbanas de recolección.



Figura 2. Vehículo recolectando materiales reciclables en zonas residenciales.



Figura 3. Vehículo colector descargando en el Centro de Reciclaje.

DESCRIPCION DEL METODO

Proponemos un modelo matemático para determinar la distribución y programación óptima de los vehículos la cual ayudara a disminuir el costo de transporte de las operaciones de colección de materiales reciclables. Este modelo matemático ayudará a la distribución de vehículos, tanto para los residuos sólidos y para las operaciones de recolección de materiales reciclables. La solución incluye una red óptima para los vehículos que viajan desde el depósito hacia las rutas de recolección y luego al centro de reciclaje o a la planta de relleno sanitario en la ciudad de San Antonio.

MODELO MATEMÁTICO

Establecimiento de Índices:

Dado (i), un numero de rutas (C), (ii), un número de vehículos para la colección de residuos sólidos o materiales de reciclaje (T), y (iii) planificación horizontal de colección de seis(6) días a la semana (D).

- (i) C número de rutas (c) $c \in C \{1,2,3 \dots\dots\dots n\}$
- (ii) T número de vehículos colectores (t) $t \in T \{1,2,3 \dots\dots\dots m\}$
- (iii) D días de la semana (d) $d \in D \{1,2,3 \dots\dots\dots l\}$

Parámetros

Los parámetros de entrada de este modelo están constituidas por A_t lo cual es el costo establecido de un determinado vehículo. d_{ij} kilometraje proporcional a la distancia recorrida desde la estación de vehículos/ruta i hacia la ruta j. T'_{ij} es el tiempo de viaje desde la estación de vehículos/ ruta i hacia la ubicación/ruta j. T_{tc} tiempo pasado en el ruta c por el vehículo recolector t durante la operación de recolección.

- A_t = Costo establecido para un determinado vehículo
- d_{ij} = Distancia recorrida desde por un determinado vehiculo desde la estación de vehículos hacia la ruta

T'_{ij} = Tiempo de viaje desde la ruta i hacia la ruta j
 T_{tc} = Tiempo de servicio de colección en la ruta c por vehículo t

Variables de Decisión

Z_{dt} = {1 si vehículo t es usado en el día d, de lo contrario 0}
 X_{dtc} = {1 si vehículo t sirve la ruta c en el día d durante el primer turno, de lo contrario 0}
 Y_{dtc} = {1 si vehículo t sirve la ruta c en el día d durante el segundo turno, de lo contrario 0}
 A_t = Costo establecido para ejecutar un determinado vehículo

Objetivo de la Función

El objetivo de la función (1) es reducir o disminuir el costo total del transporte durante las operaciones de recolección a través de una distribución y programación eficiente de vehículos colectores. El primer término de esta ecuación representa la suma de los costos establecidos de los vehículos que se utilizan durante un determinado día. El segundo término es la suma de las distancias recorridas desde el depósito de vehículos hacia las rutas, rutas hacia el centro de reciclaje y finalmente del centro de reciclaje al depósito de vehículos durante el primer turno y el último término es la suma de las distancias recorridas durante el segundo turno de los vehículos.

$$\text{Min } \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} A_t Z_{dt} + \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} \sum_{c \in C} (d_{oc} + d_{cr} + d_{ro}) X_{dtc} + \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} \sum_{c \in C} (d_{rc} + d_{cr}) Y_{dtc} \quad (1)$$

Restricciones

Proponemos las siguientes restricciones en el modelo:

Restricción de la Demanda Requerida

Restricción (2) asegura que cada ruta es atendida por un vehículo, durante el primer turno o el segundo turno en uno de los días de la semana.

$$\sum_{d \in D} \sum_{t \in T} X_{dtc} + \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} Y_{dtc} = 1 \quad c \in C \quad (2)$$

Restricción Condicional para los Turnos

Restricción (3) asegura que en un día cualquiera, un vehículo puede servir solamente un segundo turno si sólo ha servido el primer turno.

$$\sum_{c \in C} Y_{dtc} \leq \sum_{c \in C} X_{dtc} \quad d \in D, t \in T \quad (3)$$

Restricción de la Variable del Límite Superior

Restricción (4), requiere la operación de un vehículo si este sirve o atiende a una ruta durante el primer turno.

$$\sum_{c \in C} X_{dtc} \leq Z_{dt} \quad d \in D, t \in T \quad (4)$$

Restricción del Segundo Turno

Restricción (5) requiere que por lo menos una ruta debería ser servido por un vehículo en un día cualquiera, durante el segundo turno.

$$\sum_{c \in C} Y_{dtc} \leq 1 \quad d \in D, t \in T \quad (5)$$

Restricción del Tiempo Máximo de Transporte

Restricción (6) hace cumplir el tiempo de viaje total desde el depósito de vehículos hacia la ruta, ruta hacia el centro de reciclaje y centro de reciclaje al depósito durante el primer turno, además incluye el tiempo de viaje durante el segundo turno el cual es igual o inferior a ocho horas de trabajo.

$$\sum_{c \in C} (T'_{oc} + T'_{tc} + T'_{cr} + T'_{ro}) X_{dtc} + \sum_{c \in C} (T'_{rc} + T'_{tc} + T'_{cr}) Y_{dtc} \leq 8 \quad d \in D, t \in T \quad (6)$$

Restricciones Binarias

Algunas de las variables son binarias:

$$X_{dtc}, Y_{dtc}, Z_{dt} \in \{0,1\} \quad d \in D, t \in T, c \in C \quad (7)$$

COMENTARIOS FINALES

Este estudio preliminar demuestra la posible aplicación de modelos matemáticos para una óptima distribución y programación de vehículos durante las operaciones de recolección de residuos sólidos y materiales reciclables. Los resultados iniciales indican la viabilidad de este modelo matemático en el manejo de operaciones de reciclaje. Cuando esta ponencia se escribió, el modelo matemático estaba siendo evaluado utilizando los diversos parámetros establecidos en este estudio para comprobar su constancia de optimización.

Esta investigación también ayudará a las autoridades municipales en la toma de decisiones relacionadas con la distribución y programación efectiva de los vehículos durante las operaciones de recolección de materiales reciclables.

REFERENCIAS

Bhat V., 1996. A model for the optimal allocation of trucks for solid waste management. *Waste management & Research* 14, 87-96.

Bodin L., Fagin G., Welebny R., 1989. The design of a computerized sanitation vehicle routing and scheduling system for the town of Osyter Bay. *New York. Computers Opns Res.* 16 (1), 45-54.

Dogan K., Duleyman S., 2003. Cost and financing of municipal solid waste collection service in Istanbul. *Waste Management Research* 21 (5). 480-485.

Ghose M.K., Dikshit A.K., Sharma S.K., 2006. A GIS based transportation model for solid waste disposal – a case study on Asansol municipality. *Waste Management* 26, 1287-1293.

Ricchio L., Litke A., 1987. Margin on clean sweep: simulating the effects of illegal parked cars on New York City's mechanical street-cleaning efforts. *Opns Res.* 34, 661-666.

Raven P., Berg L., 2006. *Environment*. 5th edition. Wiley & Sons, Inc. pp 556.

Tavares G., Zsigraiova Z., Semiao V., Carvalho M.G., 2008. Optimization of MSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modeling. Elsevier – *Waste Management*.

Ingeniería Administrativa: un vínculo profesional

M.C. María Cristina Sánchez Romero¹, M.C. Gabriela Cabrera Zepeda²

Resumen— La definición de cada tema central: ingeniería y administración plantea la idea de ser áreas de aplicación divergentes, sin embargo, la práctica profesional las vincula. Por ello, la maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Orizaba, considera un plan de estudios que incluye asignaturas de ingeniería y de administración, así, los licenciados tienen la oportunidad de incorporarse al área operativa, en tanto que los ingenieros, harán lo propio con el área administrativa.

Este trabajo analiza la formación profesional de los alumnos que ingresaron a esta maestría, las áreas donde se han desempeñado y cuestiona si la carga académica fue elegida de acuerdo al perfil original o al objetivo de ingreso al programa, concluyendo con la relación existente entre ingeniería y administración

Palabras claves—ingeniería administrativa, áreas ingeniería, áreas administración

I. INTRODUCCIÓN

La Real Academia Española (2009), retoma la definición de Ingeniería establecida por el Accreditation Board for Engineering and Technology ABET (Salvendy 1990) “la profesión en la cual se aplica juiciosamente el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquirido mediante el estudio, la experiencia y la práctica, con el fin de determinar las maneras de utilizar económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza en bien de la humanidad”, en lo que concierne a administración, Idalberto Chiavenato (2005), la expone como el proceso de planear, organizar, dirigir y controlar el uso de los recursos para lograr los objetivos organizacionales, y para Robbins y Coulter (2005), es la coordinación de las actividades de trabajo de modo que se realicen de manera eficiente y eficaz con otras personas; tanto ingeniería como administración, tienen en común el uso de los recursos, la diferencia es que la primera lo hace apoyada básicamente en las matemáticas.

La maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Orizaba, tiene el objetivo de fusionar ambos conocimientos emanados de los profesionales que aspiran ingresar a este programa para complementar su formación de origen, impulsados por los requerimientos laborales en que han participado o a los que esperan vincularse.

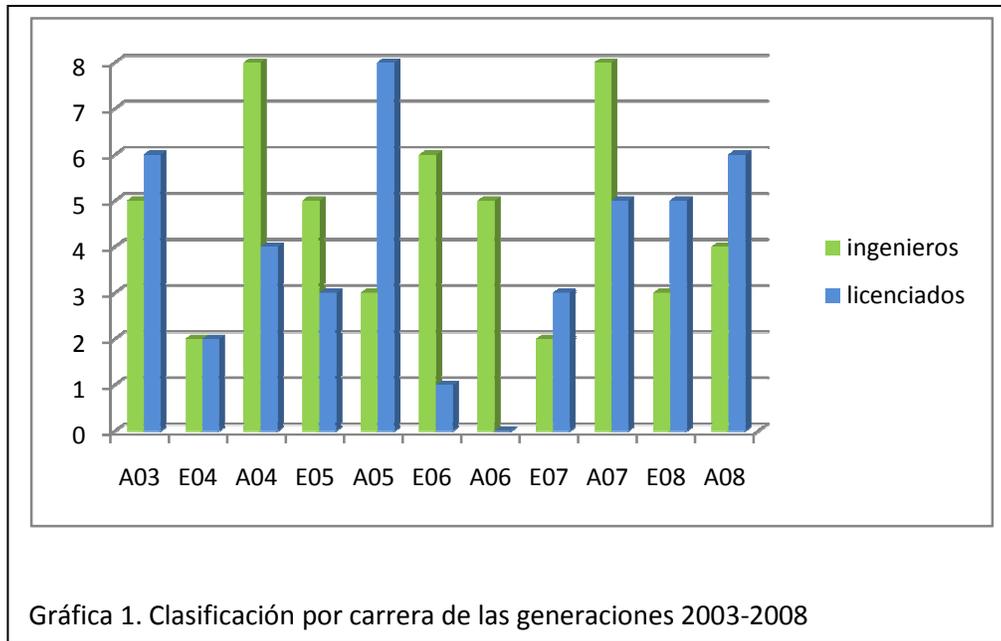
II. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Criterios establecidos para el manejo de información

A partir de la primera generación de este programa de maestría (2003), se ubica a los sujetos de este estudio, consultando los expedientes y base de datos SISMI (2009); se les clasificó de acuerdo a su formación profesional, incluyendo en el grupo de ingeniería a los egresados de mecánica, industrial, química, sistemas, y cualquier rama de la ingeniería y en el área de administración, a los egresados de carreras de licenciaturas como informática, administración de empresas, mercadotecnia, y otras no consideradas en ingeniería, el criterio se apoyó en el contenido del plan de estudios y en el perfil profesional de cada una de las carreras mencionadas; la última generación incluida en este estudio, fue la de agosto de 2008. La gráfica 1 presenta esta clasificación a partir de agosto 2003, el comportamiento de ingenieros y licenciados en cada generación.

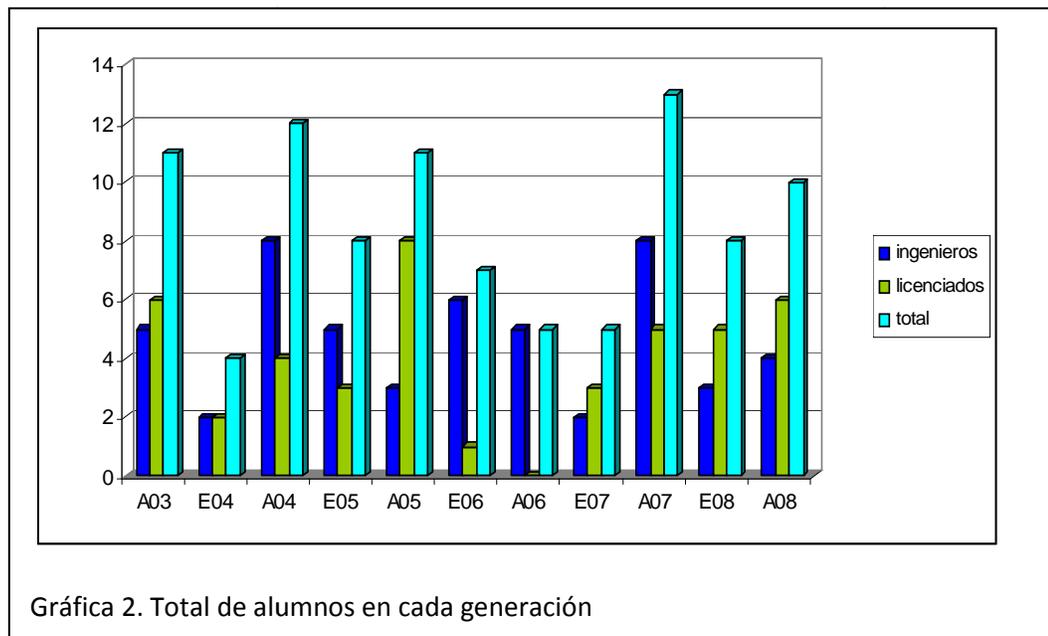
¹ M.C. María Cristina Sánchez Romero, jefe de proyectos de investigación MIA del Instituto Tecnológico de Orizaba. sancristy@yahoo.com.mx.

² M.C. Gabriela Cabrera Zepeda, Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación, I.T.O. gabita_zepeda@hotmail.com.



Gráfica 1. Clasificación por carrera de las generaciones 2003-2008

Si bien, no puede establecerse una tendencia definitiva a lo largo de todo el tiempo, se aprecia que a partir de 2006 el ingreso de licenciados ha ido en aumento.



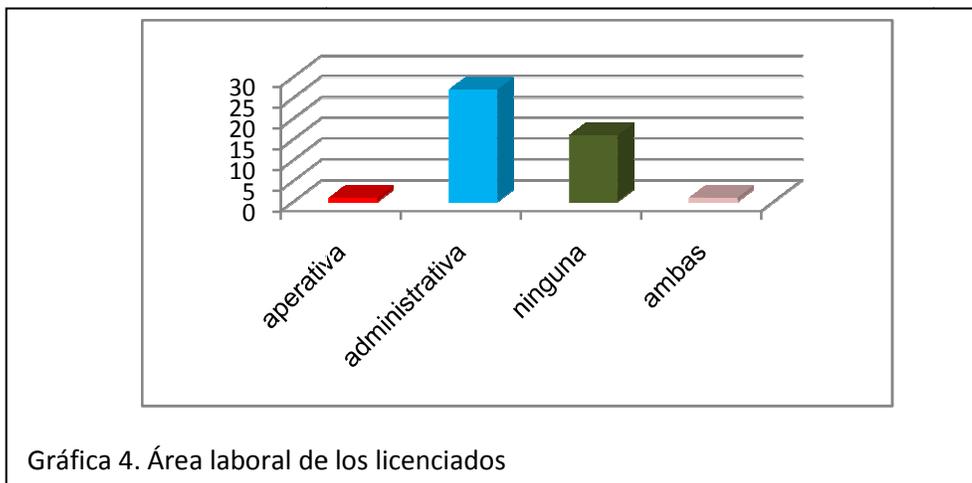
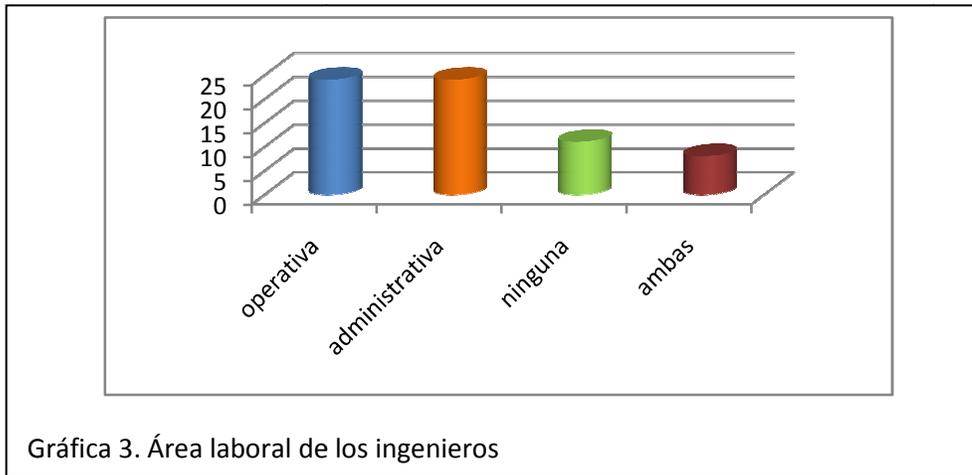
Gráfica 2. Total de alumnos en cada generación

Por otra parte, el total de alumnos que ingresa en cada generación, gráfica 2, ha tenido altas y bajas, debido principalmente a que por política del programa debe mantenerse un máximo total de alumnos registrados en los diferentes niveles.

Áreas de desempeño laboral de los alumnos

Una de las características de esta maestría, es que los alumnos en su mayoría, han tenido experiencia laboral, así, siguiendo con los dos temas centrales, se clasificó a los alumnos en función del área en la que se desempeñan o han incursionado: el área operativa y el área administrativa; es de resaltar que en

ocasiones la persona lo ha hecho en ambas áreas, pero también hay quienes no tienen experiencia. La gráfica 3, representa el área en que se han desempeñado los ingenieros y la gráfica 4 hace lo propio con los licenciados.



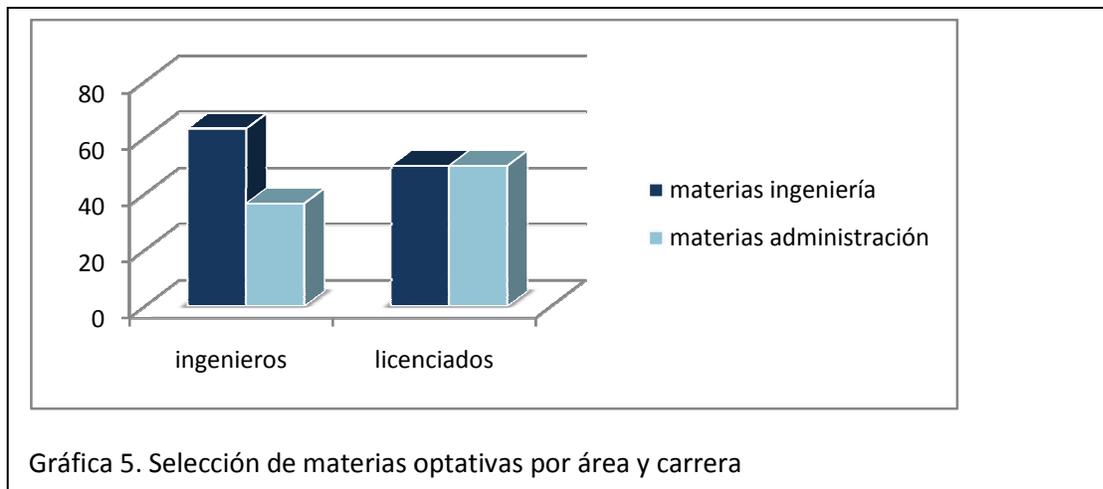
Análisis de la selección de área académica

El plan de estudios está conformado por materias básicas y materias optativas (MIA 2003), en el transcurso de la impartición del programa de maestría, han variado algunas de las materias optativas, en su totalidad fue revisado tanto el contenido como su campo de aplicación para poder clasificarlas en dos grupos: las relacionadas primordialmente con ingeniería y las relacionadas con administración, un ejemplo de esta clasificación se presenta en el cuadro 1.

Área ingeniería	Área administración
Administración de la productividad	Seguridad y medio ambiente
Gestión tecnológica	Desarrollo económico
Gestión de la calidad	Comportamiento organizacional
Métodos cuantitativos para la toma de decisiones	Dirección de mercadotecnia
Métodos y técnicas de calidad	Marco legal de los negocios
Administración de la Producción y Operaciones	Financiamiento empresarial

Para no propiciar sesgo en el manejo de información, se eligieron alumnos pertenecientes a un mismo plan de estudios. En este caso, las materias optativas del área de ingeniería que el alumno tiene para elegir son siete y seis del área de administración, si bien existen varias más, pero el estar indicadas en la retícula como materias básicas les da el carácter de obligatorias, lo que descarta la posibilidad de selección por parte del alumno

Los expedientes personales de los alumnos sirvieron de referencia para identificar las materias que cada uno cursó con el criterio mencionado. Una vez extraída y clasificada la información perteneciente a cada uno de ellos, se concentró y analizó; la gráfica 5, muestra los datos de este comportamiento tanto de los alumnos procedentes del área de ingeniería como los de licenciatura.



Gráfica 5. Selección de materias optativas por área y carrera

Es de resaltar que los provenientes de una carrera de ingeniería se siguen inclinando por las materias de esa misma área (63.3%) poco han recurrido a las de administración (36.6%), en contraste, los de formación profesional de licenciatura, han elegido en la misma proporción materias del grupo de administración y de ingeniería.

III. COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

La estadística de los alumnos que han ingresado al programa de maestría, indica que los ingenieros lo han hecho en mayor proporción (54.25%), y al revisar el campo en que han participado profesionalmente, los ingenieros se han desempeñado tanto en el área operativa como en el área administrativa, incluso el 15.6% lo ha hecho en ambas. En contraste, el 64.2% de los licenciados han trabajado en el área administrativa y pocos han incursionado en el área operativa; por otra parte, la

proporción de quienes no tienen experiencia laboral es mayor en los profesionales de una licenciatura que la de los profesionales de ingeniería.

En conjunto, las materias de ingeniería han tenido mayor demanda que las de administración.

Conclusiones

Los resultados demuestran que el programa de maestría en Ingeniería Administrativa ha sido una opción tanto para alumnos egresados de carreras de ingeniería como de licenciaturas afines a la administración, que si bien, han llegado a ella con la finalidad de complementar su formación, sobre todo en el caso de quienes han tenido oportunidad de desempeñarse profesionalmente, los resultados indican que los ingenieros han fortalecido su área de conocimiento eligiendo en mayor proporción materias relacionadas con ingeniería, por el contrario, los licenciados han seleccionado materias de ambas áreas en igual proporción.

Una apreciación pudiera ser que el campo de aplicación de los licenciados, hasta ahora, ha sido más restringido, ya que solo han podido ubicarse en la administración, razón por la cual académicamente han fortalecido el área de ingeniería que les dará oportunidad en un futuro de incursionar en el área operativa.

Por el contrario, los ingenieros al haberse desempeñado tanto en el área operativa como en la administrativa, pueden considerar irrelevante incursionar en materias administrativas.

Recomendaciones

Actualmente el plan de estudios de la maestría, está en proceso de reestructuración, así, los resultados anteriores son un apoyo para considerar las materias tanto de ingeniería como de administración que debieran cursar los alumnos de acuerdo a su perfil profesional, esto llevaría al cumplimiento de los objetivos de inicio al ingreso del programa y a su vez los de la propia maestría.

Una recomendación especial es que habrá que establecer estrategias para que el alumno curse materias diferentes al área de su perfil, con lo que complementaría su formación y le daría mayor campo de aplicación en el desempeño profesional.

IV. REFERENCIAS

Chiavenato I, Introducción a la teoría general de la administración, Mc Graw-Hill (2005).

Maestría I. A. Plan de estudios. Instituto Tecnológico de Orizaba. (2003)

Real Academia Española, vigésima segunda edición, consultada por Internet el 28 de Julio del 2009. Dirección de internet: <http://www.rae.es/rae.html>.

Robbins, S. y Coulter, M. Administración. Octava Edición, de, Pearson Educación, 2005

Salvendy, G. Biblioteca del Ingeniero Industrial. Vol 1. Ediciones Ciencia y Técnica S.A. México D.F (1990).

SISMIA. Sistema de Información maestría Ingeniería Administrativa. Instituto Tecnológico de Orizaba. (2009)

La M.C **María Cristina Sánchez Romero**, es maestra en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Orizaba, Maestra en Gestión de Calidad por la Universidad Veracruzana y Especialista en Docencia por el Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica, tiene experiencia profesional en industria y educación. Actualmente es docente en el nivel licenciatura y posgrado, investigador y jefe de proyectos de investigación de la maestría en Ingeniería Administrativa en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Ha presentado ponencias en foros nacionales e internacionales en el área educativa y tecnológica, docente en licenciatura y posgrado.

La M. C. **Gabriela Cabrera Zepeda**, es maestra en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Orizaba y Licenciado en Informática, ha sido coordinadora académica de la maestría en Ingeniería Administrativa y actualmente Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del I.T.O. Ha presentado ponencias en foros nacionales e internacionales y es maestro del área licenciatura y posgrado.

Modelo de Evaluación de Mejoramiento Continuo en el Aula, Aplicando Lógica Difusa

Sabino Velázquez-Trujillo¹, Elías Nefalí Escobar-Gómez², Vicente A. Coello-Constantino³, Julio César Chanona-Montesinos⁴.

¹*División de estudios de posgrado e investigación. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.*
sabinovelazquez1@hotmail.com

²*División de estudios de posgrado e investigación. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.*
enescoarg@hotmail.com

³*Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México,*

⁴*Ing. Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.* julio-chanona@hotmail.com

vcoello88@hotmail.com

RESUMEN

Debido a la transformación constante de las sociedades educativas y la influencia del tiempo es necesario investigar e implementar nuevos métodos que proporcionen herramientas para desempeñar mejor la propia labor en cualquiera de las actividades, durante su desarrollo y educación que recibe, es necesario buscar la mejora cada día, implementando nuevos métodos alternativos que garanticen la transformación de los que participan.

PALABRAS CLAVES: Modelo de valuación educativa, mejora continua, Lógica difusa.

INTRODUCCIÓN

Arturo Ramo García¹, inspector de educación, D.N.I. 18381117-T.: plantea que toda educación se mueve en el binomio información - formación. La información nos proporciona los conocimientos necesarios para manejarse en la sociedad y conseguir una capacitación profesional que permita el desarrollo personal en el trabajo.

El concepto de Lógica Difusa fue concebido por Lofti Zadeh (Hunt, Elbert² y Escobar³) un profesor de la Universidad de California en Berkley, inconforme con los conjuntos clásicos (*crisp sets*) que sólo permiten dos opciones, la pertenencia o no de un elemento a dicho conjunto. Quien presentó a la Lógica Difusa como una forma de procesar información permitiendo pertenencias parciales a unos conjuntos que en contraposición a los clásicos los denominó Conjuntos Difusos (*fuzzy sets*). Introduce los elementos formales que acabarían componiendo el cuerpo de la doctrina de la lógica difusa y sus aplicaciones tal como se conocen en la actualidad.

Pocos años después en 1974, el Británico Ebrahim Mamdani (Escobar³), demuestra la aplicabilidad de la lógica difusa en el campo del control. Desarrolla el primer sistema de control difuso (Fuzzy Control) práctico, la regulación de un motor de vapor. Las aplicaciones de la lógica difusa en el control no se pudieron ser implementadas con anterioridad a estos años debido a la poca capacidad de cómputo de los procesadores de esa época.

La lógica difusa es una metodología que proporciona una manera simple y elegante de obtener una conclusión a partir de información de entrada vaga, ambigua, imprecisa, con ruido o incompleta, en general la lógica difusa imita como una persona toma decisiones basada en información con las características mencionadas. Una de las ventajas de la lógica difusa es la posibilidad de implementar sistemas basados en ella tanto en hardware como en software o en combinación de ambos.

El concepto clave para entender como trabaja la lógica difusa se le llama conjunto difuso, y se define de la siguiente manera: Teniendo un posible rango de valores al cual llamaremos U , por ejemplo $U=R_n$, donde R_n es un espacio de n dimensiones, a U se le denominara Universo de Discurso. En U se tendrá un conjunto difuso de valores llamado F el cual es caracterizado por una función de pertenencia u_f tal que $u_f: U \rightarrow [0, 1]$, donde $u_f(u)$ representa el grado de pertenencia de un u que pertenece a U en el conjunto difuso F .

La evaluación se ha convertido en los últimos tiempos en un tema recurrente, tanto en el debate didáctico como en las preocupaciones de los distintos niveles que integran la vida escolar. Siendo la educación una práctica social y la evaluación uno de sus principales actos que se lleve a cabo en las instituciones educativas, debe ser abordada desde distintos aspectos: ideológicos, sociales, pedagógicos, psicológicos y técnicos. La evaluación puede conceptualizarse como un proceso dinámico, continuo y sistemático, enfocado hacia los cambios de las conductas y rendimientos, mediante el cual se verifica los logros adquiridos en función de los objetivos propuestos. Como dicen varios autores, Calderón⁴, "Para evaluar hay que comprender, es necesario afirmar que las evaluaciones convencionales del tipo objetivo no van destinadas a comprender el proceso educativo. Lo tratan en términos de éxito y de fracaso". En su opinión, "el profesor debería ser un crítico, y no un simple calificador".

La evaluación continua ofrece al profesor, con un concepto dinámico de la perfección, la experiencia diaria con cada alumno, que beneficiará a los demás alumnos y a las futuras programaciones contempladas. (English⁵).

La Lógica Difusa (LD, del inglés *Fuzzy Logic*) es una rama de la inteligencia artificial que se basa en el concepto todo es cuestión de grado, lo cual permite manipular y procesar información en términos inexactos, imprecisos, subjetivos o de difícil especificación. De una manera similar a como lo hace el cerebro humano, es posible ordenar un razonamiento basado en reglas imprecisas y en datos incompletos. Con la LD es posible controlar un sistema por medio de reglas de sentido común. La LD ha surgido como una herramienta para el control de subsistemas y procesos industriales complejos, así como también para la electrónica de entretenimiento y hogar, sistemas de diagnóstico y otros sistemas expertos.

A partir del año 1950, y en repetidas oportunidades durante las dos décadas siguientes, Deming (Rosander⁶) empleó el Ciclo PHVA (PDCA Cycle) como introducción a todas y cada una de las capacitaciones que brindó a la alta dirección de las empresas japonesas. De allí hasta la fecha, este ciclo (desarrollado por Shewhart), ha recorrido el mundo como símbolo indiscutido del Mejoramiento Continuo.

OBJETIVOS

- Diseñar un modelo de evaluación para el aprovechamiento escolar en una hoja de cálculo.
- Utilizar lógica difusa en el proceso de mejoramiento continuo.
- Realizar un análisis estadístico del modelo con relación a los métodos tradicionales para llevar a cabo su validación.

Se pretende que el modelo sea una herramienta de ayuda a los catedráticos para tener una mayor precisión en el control y seguimiento personalizado de los alumnos y poder mejorar de manera continua el proceso de enseñanza-aprendizaje de cualquier institución educativa.

MODELO PROPUESTO

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación que busca idear un modelo de evaluación que contemple criterios que favorezcan el desarrollo de habilidades y actitudes positivas en los alumnos. En la Figura 1 se observa la secuencia del modelo y las etapas desarrolladas.

El objetivo de la presente investigación es crear un modelo de evaluación que coadyuve a la tarea del docente facilitando; el aprendizaje, el desarrollo de habilidades y la mejora de hábitos positivos del estudiante a través de una relación estrecha y personalizada.

El modelo consta de 4 etapas: concepción, aplicación de la prueba piloto, validación e implementación. Para validarlo fue necesario hacer un estudio estadístico a grupos seleccionados en una institución educativa, para comparar los resultados contra los tradicionales que utilizan los catedráticos para evaluar a sus alumnos. En su aplicación se llegó a la conclusión, que el modelo es idóneo para implementarlo como un modelo de evaluación que favorezca al enfoque de habilidades por competencia a cualquier institución a no presentar problema de cualquier índole, además de que en la validación se obtuvieron pruebas satisfactorias otorgando una calificación de aceptación apegada al desenvolvimiento de cada alumno.

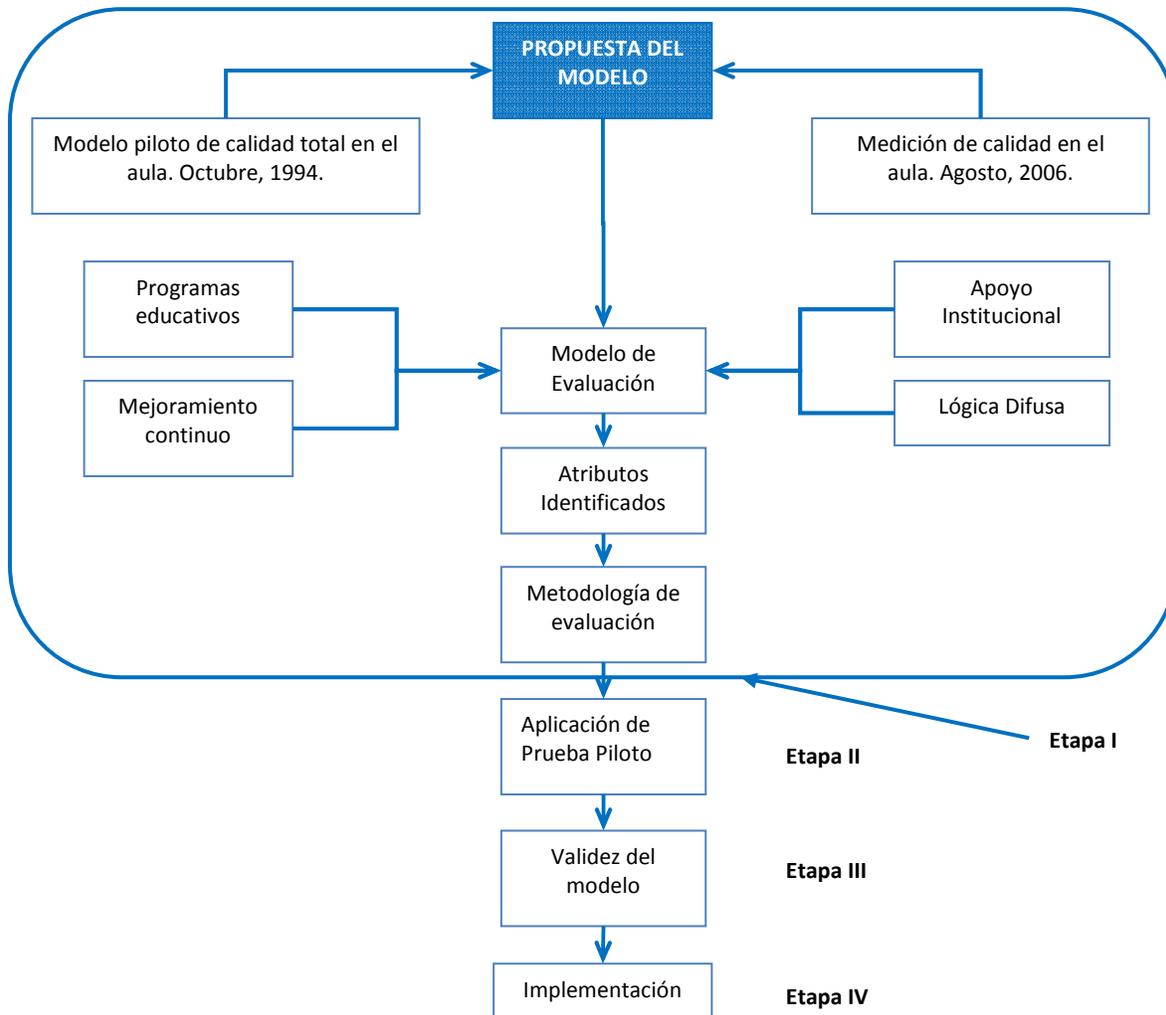


Figura 1 Secuencia del modelo

ALCANCES

En la primera etapa, se realizó la propuesta de un modelo de evaluación de mejoramiento continuo en el aula aplicando lógica difusa (**MODEA**), en donde se marcaron las características deseables dentro del aula para llevar a cabo la evaluación, el ambiente que se debe generar y el compromiso que el docente y los alumnos deben asumir para procurar juntos establecer una verdadera calidad áulica.

La prueba piloto y la validez se llevaron a cabo por medio de un análisis estadístico, en la cual consiste como primer punto o condición en determinar el tamaño de la muestra. Enseguida se hizo una mejora al modelo para poder recabar la información, después se determinó el estudio conforme a pruebas de hipótesis que consistía en comparar las calificaciones de los alumnos de los grupos seleccionados con el modelo tradicional que actualmente su catedrático utiliza para evaluarlos en cada bimestre contra el modelo propuesto. La **Figura 2** denota la estructura del modelo.

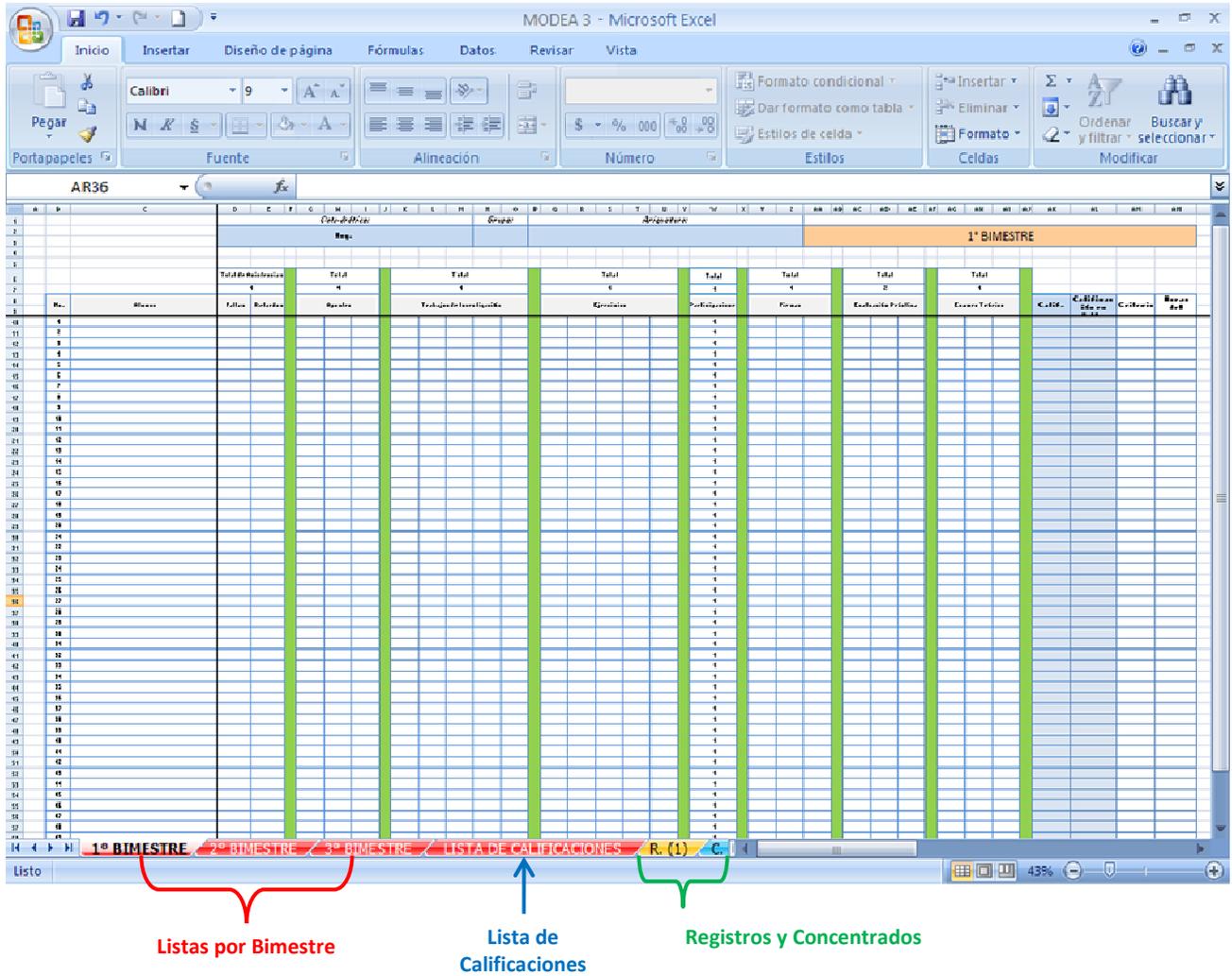


Figura 2 Estructura del Modelo MODEA

El MODEA se conforma de:

- Cuadros ó listas del primer al tercer bimestre
- Una lista de calificaciones en donde se concentra los resultados obtenidos por bimestre y el promedio general
- Y por último, los registros y concentrados, que se mantienen únicamente para sustentar el proceso.

El criterio de evaluación se localiza a la derecha de cada lista, y se diseñó con tal forma que fuera independiente a cada bimestre (ver Figura 3).

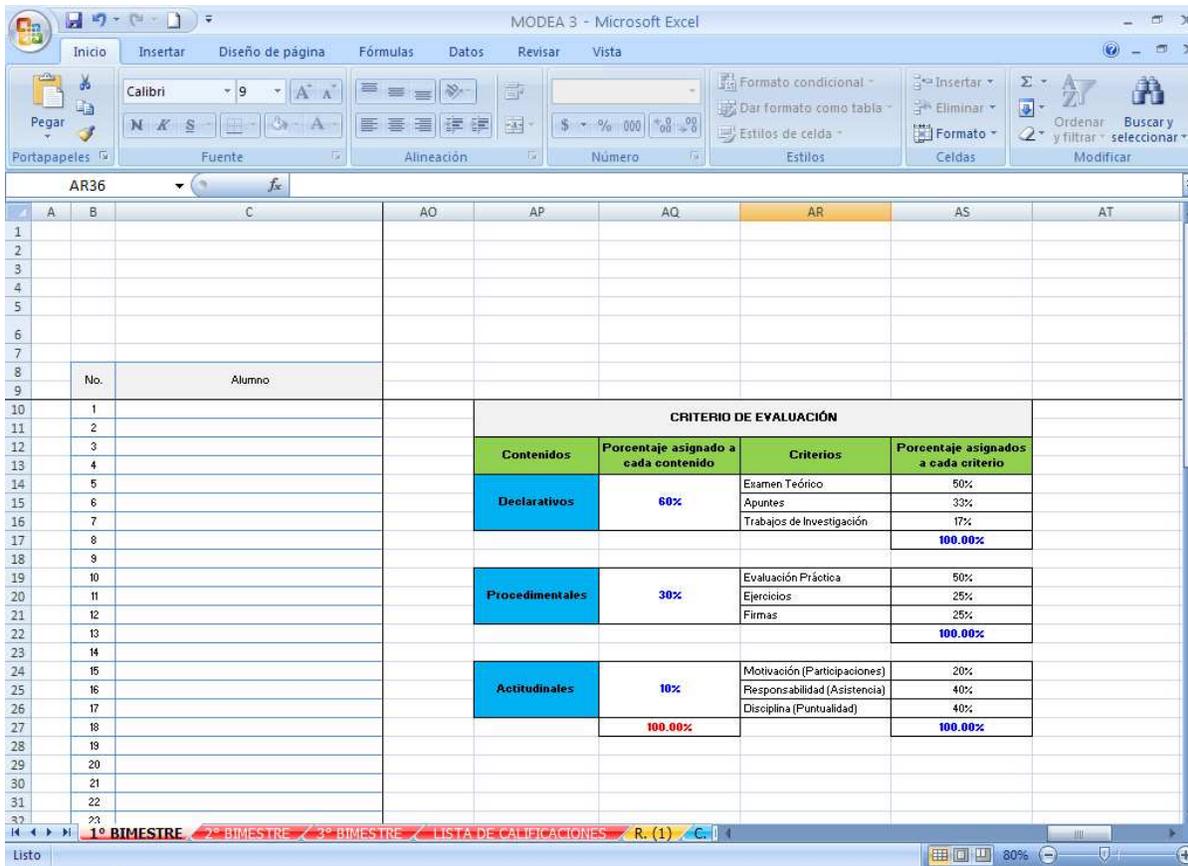


Figura 3 Criterio de Evaluación

Aplicando el modelo propuesto se obtienen los resultados para su análisis.

HIPÓTESIS Y RESULTADOS PREVIOS

La prueba de hipótesis desarrollada es no paramétrica, utilizando el método de wilcoxon (Webster⁷) que corresponde a la mediana de la muestra, como se ilustra en la **tabla 1**, que representa los resultados obtenidos al realizar el estudio estadístico a 2 grupos.

Tabla 1 Resumen de los resultados obtenidos

Grupo	Bimestre	Hipótesis	Resultado	Conclusión
5° B	1 ^{er} Bimestre	$H_0 = \tilde{\mu}_M - \tilde{\mu}_T \geq 0$ $H_A = \tilde{\mu}_M - \tilde{\mu}_T < 0$	$p > \alpha$ (0.648 > 0.05)	No se rechaza la hipótesis nula
	2 ^{do} " "	$H_0 = \tilde{\mu}_M - \tilde{\mu}_T \geq 0$ $H_A = \tilde{\mu}_M - \tilde{\mu}_T < 0$	$p > \alpha$ (0.500 > 0.05)	No se rechaza la hipótesis nula
	3 ^{er} " "	$H_0 = \tilde{\mu}_M - \tilde{\mu}_T \geq 0$ $H_A = \tilde{\mu}_M - \tilde{\mu}_T < 0$	$p > \alpha$ (0.091 > 0.05)	No se rechaza la hipótesis nula
5° C	1 ^{er} Bimestre	$H_0 = \tilde{\mu}_M - \tilde{\mu}_T \geq 0$	$p > \alpha$	No se rechaza la hipótesis nula

		$H_A = \tilde{\mu}_M - \tilde{\mu}_T < 0$	(0.944 > 0.05)	
2 ^{do} “	“	$H_0 = \tilde{\mu}_M - \tilde{\mu}_T \geq 0$ $H_A = \tilde{\mu}_M - \tilde{\mu}_T < 0$	$p > \alpha$ (0.789 > 0.05)	No se rechaza la hipótesis nula
3 ^{er} “	“	$H_0 = \tilde{\mu}_M - \tilde{\mu}_T \geq 0$ $H_A = \tilde{\mu}_M - \tilde{\mu}_T < 0$	$p = 1$	No se rechaza la hipótesis nula

CONCLUSIONES

Con relación a los resultados presentados en la tabla anterior se llegó a la conclusión de que el MODEA demuestra una mediana (en relación al desempeño académico en los estudiantes) mayor ó igual con respecto al arrojado por el método tradicional correspondiente a los 3 bimestres, por lo que se demuestra que el modelo propuesto es válido en lo referente al proceso de evaluación académica. El MODEA aplicado a la institución arrojó resultados confiables y homogéneos; se puede estar seguro que se midió lo que realmente se deseaba. Se establecieron puntos de mejoramiento en relación con la calidad del servicio, y del comportamiento del alumno.

Al evaluar las expectativas y percepciones de los catedráticos acerca del MODEA, se mejoró el modelo propuesto llevando consigo posteriormente el desarrollo de un software. De igual manera un punto importante es cómo dichos involucrados evaluaron cada punto descrito en el modelo, destacando el desempeño que brinda, tanto en su comodidad, seguridad, flexibilidad y rapidez, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

¹Ramo García, A. (s.f.). Recuperado el 18 de Septiembre del 2008, de <http://www.educar.org/articulos/queeseducar.asp>

³Escobar Gómez, E. N.; “Modelo Difuso para Planeación Agregada”; *Tesis Doctoral Inédita*. Querétaro, México: Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI).

⁴Calderón Ramírez, Jorge. “Calidad en el Aula “Una aspiración permanente”; CECyTEM. 1993.

²Hung T. Nguyen, Elbert A. Walter “A first course in Fuzzy Logic”; USA, 1989.

⁵English, Fenwick W.; Hill, John C.; “Calidad total en la Educación”; Ed. Edamex, México. 1995.

⁶Webster, A. L.; “Estadística aplicada a los negocios y la economía”; McGraw-Hill, Colombia, Tercera edición, 2004.

⁶Rosander, A.C.; “Los catorce puntos de Deming aplicados a los servicios” Ed. Díaz de Santos; Madrid, España.

⁷Webster, A. L. (2004). *Estadística aplicada a los negocios y la economía. Tercera edición*. Colombia: McGraw-Hill, 1997.

SELECCIÓN DE PROVEEDORES EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA, BASADO EN LA JERAQUÍA ANALÍTICA

Sabino Velázquez-Trujillo¹, Elias Neftalí Escobar-Gómez², José del Carmen Vázquez-Hernández³, Renán Velázquez-Trujillo⁴.

¹*División de estudios de posgrado e investigación. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. sabinovelazquez1@hotmail.com*

²*División de estudios de posgrado e investigación. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. enescoarg@hotmail.com*

³*Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. pepillo65@hotmail.com*

⁴*Facultad de Contaduría y Administración, Campus I. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. r_veltru@hotmail.com*

Ante los procesos de globalización y apertura de mercados en el siglo XXI, afectan los negocios de forma que disminuyen sus ingresos, obligándose a ser competitivos tanto en calidad como en el precio del producto que se comercializa; esto propicia contemplar una cadena de suministro que le permita seleccionar adecuadamente sus proveedores.

RESUMEN

En la elaboración de esta investigación, se ha contemplado una técnica cualitativa como proceso de jerarquía analítica que le permita a los subsistemas de aprovisionamiento realizar una selección adecuada.

El objetivo de esta investigación es seleccionar el material ideal del proveedor, basado en los criterios establecidos como; precio, entrega, calidad, servicio y surtido.

La metodología desarrollada contempla dos etapas que incluyen un total seis fases: 1. listado de proveedores, 2. selección del producto y su fase de producción, 3. proveedores por materiales, 4. matriz original de parejas acertadas, 5. ponderaciones de criterios y 6. obtención de la matriz ajustada de parejas acertadas.

En conclusión mediante las ponderaciones seleccionamos a los proveedores que suministran estos materiales, sean fijos o no, desde la entrada del mismo al proceso de fabricación seleccionado hasta la terminación del producto.

PALABRAS CLAVE. Cadenas de suministro, proceso de manufactura, selección de proveedores, Proceso de Jerarquía Analítica.

INTRODUCCION

En esta investigación para la empresa en su formación logística interna, presenta el problema de no contar con un procedimiento para seleccionar adecuadamente sus proveedores. Su objetivo es demostrar que la técnica de jerarquía analítica en la cadena de suministro es útil a la industria manufacturera en la selección de proveedores.

En su Justificación, permite apoyarse en la secuencia propuesta en este trabajo distinguiendo; una clasificación ordenada y obtener la selección de proveedores adecuados desarrollado en los procesos de producción de manera eficiente para la reducción en pérdidas de material y tiempo.

Identificando como alcance que este procedimiento será aplicado en los procesos de producción de sillas como: Carpintería, Herrería, Pintura y Ensamblado.

Nahmias¹, señala que la cadena de abastecimiento (cadena de suministro), es toda la red relacionada con las actividades de una compañía que enlaza proveedores, fábricas, bodegas, almacenes y clientes.

La Asociación Universitaria de Logística de Chile (ASULOG-CHILE²) indica que se puede definir como la integración de los procesos de negocios desde los clientes finales hasta el proveedor/proveedores primarios.

Chase et al.³, señalan que el término cadena de suministros viene de una imagen relacionada con la forma en que las organizaciones se encuentran vinculadas desde la perspectiva de una compañía específica. La cadena de suministros para empresa de manufactura y servicio, advirtiendo el vínculo entre los proveedores que llevan a cabo operaciones de entrada al seleccionar los proveedores por el modelo propuesto (ver **figura 1**), de manufactura y servicios de apoyo, que transforman las entradas en productos y servicios, y entre los distribuidores y proveedores de servicios locales que localizan el producto.

Urzelai⁴, define a la administración de la cadena de abastecimiento como la estrategia global encargada de gestionar las funciones, procesos, actividades y agentes que componen la cadena de suministro; tal como se ilustra en la **Figura 1**.

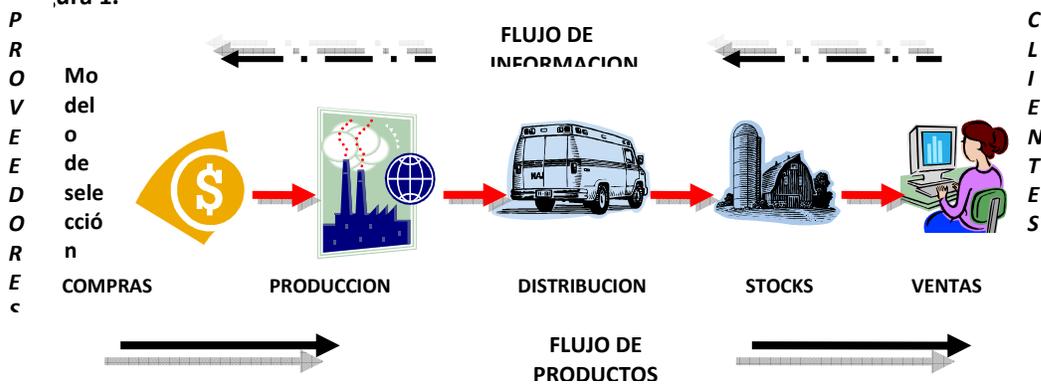


Figura 1. La Cadena de Suministro
[Fuente Urzelai⁴]

Garza Rodríguez⁵, menciona los siguientes tipos de cadena de abastecimiento:

- La cadena de suministros estratégica, que consiste en decidir acerca de la tecnología de la producción, el tamaño de la planta, la selección del producto, la colaboración del producto, la colocación del producto en la planta y la selección del proveedor para las materias primas
- La cadena de suministros táctica, supone que la cadena de suministros está dada y se encarga de decidir la utilización de los recursos específicamente: los proveedores, los centros de depósitos y ventas, a través de un horizonte de planificación.

Arbones⁶, divide al sistema logístico, separando al flujo de productos en 3 subsistemas.

1. Subsistema aprovisionamiento. Incluye los diversos proveedores y comprende todas las operaciones efectuadas para colocar a disposición del subsistema producción de materias primas, las piezas y los elementos comprados. 2. Subsistema producción. Transforma los materiales, efectúa el ensamble de las piezas y los elementos, almacena los productos terminados y los coloca a disposición del subsistema distribución física. 3. Subsistema distribución física. Procede a satisfacer las demandas de los clientes, ya sea directamente o bien mediante depósitos intermedios.

Para Christopher⁷, la administración de la cadena de suministro difiere del manejo de materiales clásico en 4 aspectos. **Primero**, ve a la cadena de suministro como una entidad única en lugar de delegar y fragmentar las responsabilidades entre los diferentes segmentos de la cadena de suministro, es decir, las áreas funcionales de compras, manufactura, distribución y ventas. El **segundo** aspecto proviene directamente del primero: demanda una toma de decisiones estratégicas y a final de cuentas se basa en ellas. **Tercero**, la administración de cadenas de suministro ofrece una perspectiva diferente a los inventarios, los cuales se usan como un mecanismo de equilibrio al que se acude como último recurso y no desde el principio. **Cuarto**, la administración de cadenas de suministro requiere un nuevo enfoque de los sistemas: lo importante es la integración y no la relación.

Ríos Farías et al.⁸, señala que el Proceso de Jerarquía Analítica o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), es un modelo para toma de decisiones, que fue desarrollado en el año de 1980, por el matemático de la Universidad de Pittsburgh Thomas Saaty y es considerada como una técnica multicriterio y multiatributo.

Ríos Farías et al.⁸, menciona también lo descrito por Gass, quien dice que la técnica descompone un complejo problema en jerarquías o niveles, y cada uno de estos niveles se descompone sucesivamente en elementos más simples. El objetivo es colocar en el primer nivel una variable o parámetro considerado como criterio, enseguida los puntos considerados como sub-criterio y por último las alternativas asociadas en los niveles jerárquicos más bajos.

El atractivo teórico de AHP reside en el hecho de que no requiere una escala común de medidas de todos los factores, por esta razón se pueden incorporar en el análisis técnico consideraciones sociales, culturales, económicas, ya que la importancia de los criterios pueden ser diferentes, por lo que AHP comienza determinando la relativa importancia de estos, comparando el peso de los criterios por parejas. Las comparaciones pueden ser hechas como la escala que se muestra en el conjunto S.

$$S = \left\{ \frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \right\} \quad \text{Ec 1}$$

La comparación apareada del elemento *i* con el elemento *j* es colocado en la posición α_{ij} de la matriz A, esto indica la comparación apareada entre cada uno de los criterios, el arreglo se muestra en una matriz de comparaciones apareadas (ver ecuación 2).

Los valores recíprocos de estas comparaciones son colocadas en la α_{ji} posiciones de la matriz A, lo que mantiene los criterios de consistencia. El análisis compara la importancia relativa de todas las posibles comparaciones apareadas asignando valores que reflejan una diferencia importante; por ejemplo, si el criterio uno es considerado con mayor dominancia por encima del criterio dos, entonces un número 5 es colocado en a_{12} , y el recíproco, 1/5 es colocado en a_{21} .

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Ec 2}$$

METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología utilizada consta de 2 etapas, identificando internamente 6 fases en el modelo.

A. Proveedores-fase de producción

1. Listado de proveedores por materiales seleccionados
2. Seleccionar producto a evaluar y las fases de producción de la empresa

B. Evaluación Matricial (más de un proveedor)

3. Selección de proveedores de materiales del producto a evaluar
4. Obtención de la matriz original (parejas acertadas)
5. Obtención de las ponderaciones de los criterios
6. Obtención de la matriz ajustada (parejas acertadas)

Limitantes del modelo. Es necesario contar con 2 o más proveedores por material, el método utilizado es por Proceso de Jerarquía Analítica.

A continuación se aplican las fases de la metodología, en la **Tabla 1.**, representa la **fase 1**, presenta la lista detallada de proveedores de materiales para la elaboración de sillas de paleta normal en las variedades de; 1. Acabado en sellador. 2. Acabado forrado en formica y 3. Con asiento acojinado tapizado en tela pliana. Detallando las cantidades necesarias para la producción de lotes de 100 unidades.

Tabla 1. Lista de Proveedores y Materiales

Concepto	Estado en almacén	Lote=100			Proveedores
		Silla con Terminado en Sellador	Silla con Terminado en Formica	Silla con Asiento Tapizado en Pliana	
		Cantidades	Cantidades	Cantidades	
Triplay 6 mm.	---	25	25	25	El Carpintero

Triplay 9 mm.	---	25	25	25	
Triplay 12 mm.	---	25	25	25	
Tubo redondo 1"	---	100	100	100	La Ferre Aceros del Grijalva
Cubo cuadrado ¾"	---	25	25	25	
Alambrón ¼"	---	4kg.	4kg.	4kg.	
Formica	---	---	40	30	-Gursa -Herrajes Finos Copico
Hule Espuma	---	---	---	10	Colchones Espumi
Tela Pliana	---	---	---	1 rollo	Simil Cuero Plimo
Sellador	Constante	10 L	---	---	Comex
Resanador de madera	Constante	18.5 L	18.5 L	18.5 L	
Pegamento amarillo	Constante	---	10 L	20 L	
Pintura	Constante	25 L	30 L	33 L	
Thinner	Constante	18.5 L.	13.5 L	15.5 L	-Albamex -Comex
Regatones	Constante	600	600	600	Martha Sayung
Lijas	No. 80	Constante	8	8	Fábrica Wal. De lijas
	No. 150	Constante	10	10	
Soldadura	Constante	10kg.	10kg.	10kg.	Praxair de México
Remaches	Constante	800	800	400	-Gases y soldaduras de Chiapas
Tornillos	Constante	300	300	300	
Pijas	Constante	---	---	400	-Tornillos San Cristóbal
Grapas	Constante	---	---	1 caja	-Ferretera Mandiola -El Gallito

Fase 2. Productos a Evaluar

Los productos a evaluar son las sillas universitarias de paleta normal en las variedades de acabado en sellador, acabado forrado en formica y con asiento acojinado tapizado en tela pliana, las fases de la producción de estos artículos es la misma.

Fases 3-6

Método de Jerarquía Analítica Para la Selección de Proveedores

Estos valores representan la importancia relativa de los criterios, su significado se explica en la **Tabla 2.**

Tabla 2. Escala de Medición mediante el AHP

[Adaptado de Chase et al.³ y Ríos Farías et al.⁸]

Juicio Verbal o preferencia	Evaluación numérica	Explicación
En extremo preferido	9	La experiencia y el juicio del experto favorecen una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara.
Muy fuertemente preferido	7	Un criterio es mucho más favorecido que otro.
Fuertemente preferido	5	La experiencia y el juicio del experto favorecen fuertemente un criterio sobre otro.
Moderadamente preferido	3	La experiencia y el juicio del experto favorecen levemente a un criterio sobre otro.
Igualmente preferido	1	Dos actividades contribuyen de igual forma al cumplimiento del objetivo. Siempre ocurre en los elementos de la diagonal de la matriz.
Valores intermedios	2, 4, 6 y 8	Los valores intermedios suministran niveles adicionales de discriminación

Acorde con lo mencionado con Chase et al.³), quien presenta una escala de medición como el de la **Figura 2.**, se desarrollará de manera demostrativa la evaluación matricial para la selección del proveedor de formica, donde se consideran dos proveedores y cuatro criterios de evaluación.

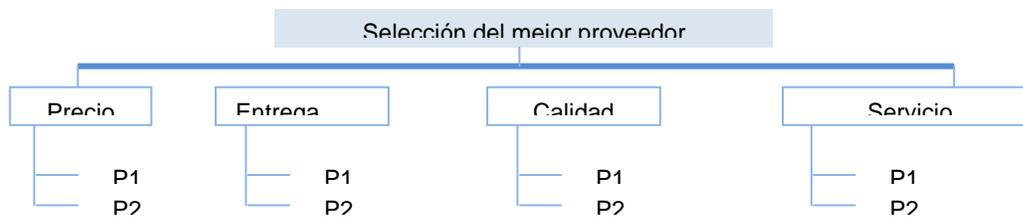


Figura 2. Jerarquía de Selección de los Proveedores
[Adaptado de Chase et al.³]

El **primer paso** consiste en establecer las ponderaciones para establecer el grado de importancia de cada una de los criterios, en este caso son precio, entrega, calidad y servicio; para lo que se debe desarrollar una serie de comparaciones de parejas acertadas.

En este caso se consideran los juicios y valores; el precio es moderadamente preferido sobre la entrega, valor igual a 3, el precio es de moderada a fuertemente preferido sobre la calidad, valor igual a 4, el precio es fuertemente preferido sobre el servicio, valor igual a 5, la entrega es de igual a moderadamente preferida que la calidad, valor igual a 2, la entrega es moderadamente preferida sobre el servicio, valor igual a 3, la calidad es de igual a moderadamente preferida que el servicio, valor igual a 2.

Segundo paso. Con los seis juicios anteriores se completan las comparaciones de parejas acertadas en esta etapa; esta información se coloca en la matriz de comparaciones de parejas acertadas como se muestra en la **Tabla 3**. Las demás anotaciones en la matriz están situadas a lo largo de la diagonal y guardan una reciprocidad respecto a los seis juicios.

Tabla 3. Matriz Original de Parejas Acertadas
[Adaptado de Chase et al.³]

	Precio	Entrega	Calidad	Servicio
Precio	1	3	4	5
Entrega	1/3	1	2	3
Calidad	¼	1/2	1	2
Servicio	1/5	1/3	1/2	1
totales:	1 47/60	4 5/6	7 ½	11

Tercer paso. Los datos de la matriz pueden utilizarse para generar un buen cálculo de las ponderaciones de los criterios, estas ponderaciones suministran una medida de la importancia relativa de cada criterio, esto se logra siguiendo los tres pasos siguientes: 1. Sumar los elementos de cada columna, 2. Dividir cada valor por la suma de su columna, 3. Calcular los promedios de las filas.

Los cálculos para la matriz ajustada, donde las ponderaciones finales para precio, entrega, calidad y servicio son: .542, .233, .140 y .085 respectivamente.

Una vez obtenidas las ponderaciones de los criterios de evaluación, el paso siguiente es la comparación por parejas acertadas de los proveedores para cada criterio. Este proceso es prácticamente idéntico al procedimiento utilizado para desarrollar la matriz de comparación de los criterios, la única diferencia es que hay una matriz de comparación de los proveedores para cada criterio. Esto es, comparar cada pareja de proveedores con respecto al criterio de precio así como a los otros tres criterios.

Cuarto paso. Para la evaluación de los proveedores de formica, considerando a Gursa como proveedor 1 y a Herrajes Finos Copico como proveedor 2.

Quinto paso. El **paso final** del análisis mediante el AHP consiste en el cálculo de los puntajes generales de formulación; para un proveedor determinado se calculan cuatro ponderaciones, una para cada uno de los cuatro criterios de evaluación. Estas cuatro ponderaciones se multiplican por aquellas apropiadas para los criterios, logrando así el objetivo de la jerarquía señalada, y los resultados de las cuatro multiplicaciones se suman para calcular el puntaje del proveedor. Cada puntaje representa los beneficios totales calculados que deben obtenerse al escoger a este proveedor. En este caso, el proveedor 1, Gursa, con un puntaje de 0.501 resulta ser el mejor y consecuentemente el seleccionado.

Sexto paso

RESULTADOS

Evaluación Matricial de Proveedores

Los productos a evaluar, son los materiales, como: la formica, metales (Tubo redondo, tubo cuadrado y alambón), el thinner y la tornillería (remaches, tornillos y pijas).

El **primer paso** para la selección de los proveedores, tal como se explicó en la sección de los proveedores, es obtener las **ponderaciones** para cada **criterio** a partir de la **matriz ajustada** de parejas acertadas con los valores; Precio= $2 \frac{1}{30}$, Entrega = $5 \frac{1}{6}$, Calidad= 8 , Servicio= $12 \frac{1}{2}$ y Surtido= 11 .

Las ponderaciones obtenidas de los criterios: Precio, Entrega, Calidad, Servicio y Surtido son **0.493, 0.212, 0.126, 0.066, 0.102** respectivamente.

Evaluación Matricial del Proveedor de: Fórmica

El primer paso para la evaluación de los proveedores de formica, es obtener las ponderaciones individuales respecto a cada criterio, los proveedores a evaluar son: Gursa S.A. de C.V. y Herrajes finos copico.

Las ponderaciones obtenidas en esta evaluación, se encuentran representadas gráficamente en la **Figura 3**.

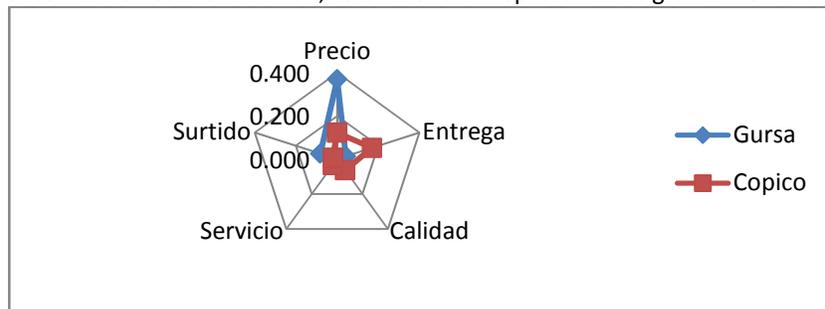


Figura 3. Gráfica Radial Para la Evaluación Matricial de Proveedores de Formica

Metales

Los proveedores a evaluar son: La Ferre y Aceros del Grijalva.

La **Figura 4** representa las ponderaciones obtenidas en esta evaluación matricial.

Thinner

Los proveedores a evaluar son: Albamex y Comex.

La Gráfica radial de la **Figura 5** compara las ponderaciones obtenidas en esta evaluación matricial para cada proveedor.

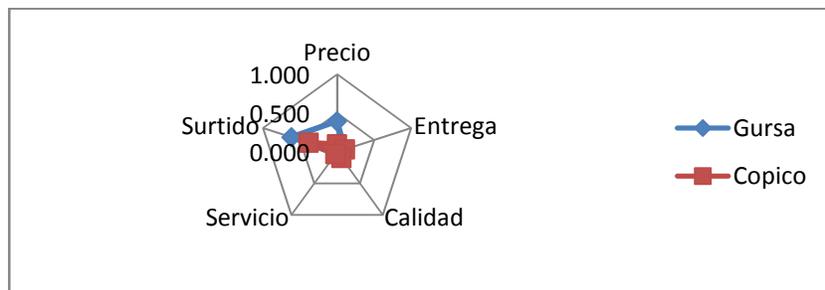


Figura 4. Gráfica Radial Para la Evaluación Matricial de Proveedores de Metales

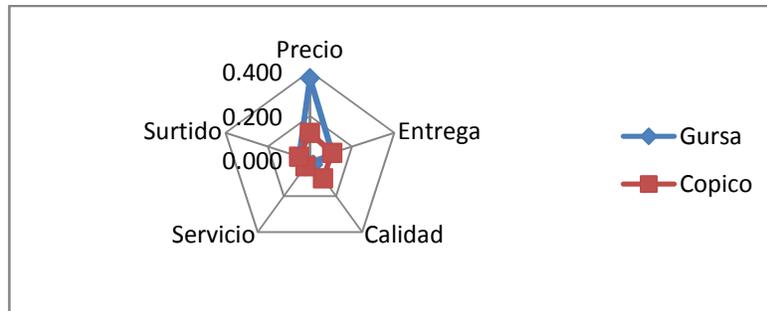


Figura 5. Gráfica Radial Para la Evaluación Matricial de Proveedores de Thinner

Tornillería

Los proveedores a evaluar son: Tornillos San Cristóbal y Gases y Soldaduras de Chiapas.

En la Gráfica radial de la **Figura 6** pueden compararse las ponderaciones obtenidas en esta evaluación matricial.

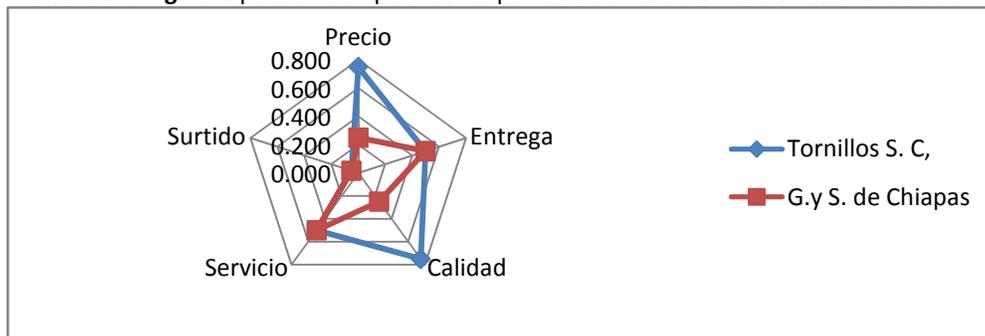


Figura 6. Gráfica Radial Para la Evaluación Matricial de Proveedores de Tornillería

Secuencia de Uso de los Materiales

La secuencia de uso de los materiales y su incorporación al proceso de producción se encuentran detallados en las cadenas de suministro para las variedades con terminado en sellador, forrado en formica y asiento tapizado en tela pliana, tomando en cuenta los proveedores fijos listados en la Tabla 1 y a los proveedores seleccionados posteriormente por evaluación matricial.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como conclusión la cadena de suministros es necesaria en el modelo pues permite la descripción detallada del proceso de producción, que comprende desde la entrada de materiales hasta la terminación del producto; incluyendo todos los materiales involucrados a utilizar de los proveedores seleccionados para abastecerlos.

Se recomienda adoptar el método de selección de proveedores propuesto, así como considerar constantemente nuevas opciones de abastecimiento.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

¹Nahmias, Steven; (2007); "Análisis de la Producción y las Operaciones"; Mc Graw-Hill, México. Quinta Edición.

²http://www.geocities.com/logistikchile_cl

³Chase, Richard B.; Jacobs, F. Robert; Aquilano, Nicholas J.; (2006); "Administración de la Producción y Operaciones Para una Ventaja Competitiva"; Mc Graw-Hill, México. Decima Edición.

⁴Urzelai Inza, Aitor; (2006); "Manual Básico de Logística Integral"; Ediciones Díaz de Santos, S. A.; Madrid, España.

⁵Garza Rodríguez, Juan Alejandro; (2008); "Cadena de Suministro". Consultado en Mayo de 2008. <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/cadena-de-suministros-optimizacion-de-la-produccion.htm>

⁶Arbones Malisani, Eduardo A.; (1990); "Logística Empresarial"; Marcombo S.A. Editores; Barcelona España.

⁷Christopher, Martin; (2004); "Logística, Aspectos Estratégicos"; Editorial Limusa S.A. de C.V., México.

⁸Ríos Farías, Miguel; García Alcaraz, Jorge Luis; Corona, Ernesto; (2006); “Aplicación del Proceso de Jerarquía Analítica en la Evaluación y Adquisición de Viviendas de Interés Social”; Revista de Ingeniería Industrial – Instituto Tecnológico de Celaya. Consultado en Junio 22 de 2008.

http://www.itc.mx/educacion/maestrias/m_industrial/PROCESO_JERARQUIA.pdf

APLICACIÓN DEL DISEÑO FACTORIAL 2^k PARA DISMINUIR PÉRDIDAS EN UNA EMPRESA METAL-MECÁNICA

Ing. Jesús Guillermo Vilchis Santos¹, Dr. Fernando Ortiz Flores², M.C. Ana María Alvarado Lassman³, Dr. Óscar Báez Senties⁴

Resumen—El diseño de experimentos es una herramienta que permite identificar factores significativos de un proceso de producción y establecer su nivel de trabajo con la intención de mejorar dicho proceso de producción. Los resultados obtenidos a través de esta herramienta pueden utilizarse para enfrentar la problemática derivada de la competencia del mercado: ofrecer productos de calidad a bajo costo, mediante el ajuste adecuado de factores del proceso que ayuden a la eliminación de pérdidas por desperdicio y reproceso.

En el diseño de experimento existen diversos métodos. El presente artículo muestra como se aplicó un diseño factorial 2^k en una empresa metal-mecánica⁵, dedicada a la fabricación de artículos para jardinería y construcción, para identificar los factores que afectan la calidad de sus productos en el área de forja y posteriormente para determinar los niveles deseados de esos factores para disminuir sus pérdidas.

Los resultados de la investigación se ilustraron mediante gráficas, mostrando los factores considerados significativos en el proceso y los niveles óptimos de dichos factores.

Palabras claves—Diseño de experimentos, diseños especiales, diseño 2^k , factores, niveles.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas manufactureras y de servicios se ven obligadas a entregar productos con calidad en el menor tiempo posible, porque el mercado consumidor se ha vuelto más exigente de las características de éstos: mejor funcionamiento, bajo costo, tiempos de entrega pequeños o disponibilidad inmediata; como consecuencia de la constante evolución tecnológica de los productos. De esta forma, las empresas para cumplir con un buen nivel de servicio al cliente y para mantenerse en el mercado altamente competitivo necesitan de herramientas que les ayuden a mejorar sus procesos de fabricación, tal como los diseños factoriales.

Los diseños factoriales son ampliamente utilizados en el diseño de experimentos en los que intervienen varios factores para estudiar el efecto conjunto de estos sobre una respuesta. Un caso especial del diseño factorial ocurre cuando se tienen k factores, cada uno con dos niveles. Estos niveles pueden ser cuantitativos como sería el caso de dos valores de temperatura, presión o tiempo, o cualitativos como sería el caso de dos máquinas, dos operadores, los niveles "superior" e "inferior" de un factor, o quizás, la ausencia o presencia de un factor.

En este artículo se muestra como se aplicó un diseño factorial 2^k en el área de forja de una empresa metal-mecánica con la intención de disminuir sus grandes pérdidas en su proceso de forja de espigo: baja calidad, torcido, corto y chatarra; que generan desperdicio y reproceso.

¹ Jesús Guillermo Vilchis Santos es Estudiante de la Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba, México memo_vilchis@hotmail.com (autor corresponsal).

² Fernando Ortiz Flores es Profesor de la Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba, México ferchilo@prodigy.net.mx

³ Ana María Alvarado Lassman es Profesora del Instituto Tecnológico de Orizaba, México lassmann@prodigy.net.mx

⁴ Óscar Báez Senties es Profesor de licenciatura en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba, México obaez70@yahoo.com.mx

⁵ Por razones de confidencialidad no se menciona el nombre de la empresa.

El área de forja recibe como materia prima varillas de acero de diferentes formas: triangular, cuadrada o redonda; y de diferentes grosores, a los que se les denomina perfiles, para realizar las siguientes actividades antes de pasarlas al área de rectificadas:

- Enderezado de perfil. Esta operación se hace para enderezar el perfil y evitar el desperdicio en operaciones posteriores. Cabe mencionar que algunos perfiles no logran ser enderezados y por lo tanto éstos se consideran desperdicio.
- Corte de perfil. En ésta operación se cortan los perfiles de acero a la medida correspondiente de la lima que se va a fabricar. En ocasiones se crea desperdicio debido a que el perfil queda corto.
- Forja del espigo. La forja se hace para conformar el espigo de la lima; básicamente es calentar el acero que se va a forjar por medio de un horno de inducción y luego martillar a alta velocidad en una máquina automática. Muchas veces la forja de espigo produce desperdicio debido a que éste queda torcido o frágil.
- Corte de espigo. Después de la actividad de forja del espigo queda un exceso en éste; este exceso se corta en una prensa. En esta actividad se genera desperdicio debido a que el espigo queda corto.

II. METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS.

Primera etapa: Recolección de datos.

Esta primera etapa consistió en recolectar datos acerca del número de veces que se presentaban defectos que ocasionaban desperdicio y reproceso en cada una de las actividades desarrolladas en el área de forja durante la fabricación de una lima triangular de 6", y convertir estos datos en un índice de desperdicio generado por cada una de las actividades de esta área. Los resultados de esta recolección de datos se muestran en la tabla 1.

Actividad del área de forja	Tipo de desperdicio	Cantidad de limas defectuosas en el mes de Mayo de 2009	% de Desperdicio
Enderezado de perfil	Perfil torcido	38	1.31%
Corte de perfil	Perfil corto	136	4.71%
Forja de espigo	Espigo torcido o corto	2469	85.43%
Corte de espigo	Espigo corto	247	8.55%
Total		2890	100.00%

Tabla 1. Índice de desperdicio generado por cada actividad del área de forja durante el mes de Mayo de 2009.

Segunda fase: Definir el objetivo del experimento.

Para definir el objetivo del experimento se analizaron los datos recolectados de la Tabla 1. De este análisis resultó claro que el objetivo era concentrar los esfuerzos en intentar reducir el desperdicio de la actividad con el mayor índice de desperdicio: forja del espigo, con el 85.43%; en otras palabras reducir el desperdicio de espigo torcido o corto debido a la actividad de forja del espigo.

Tercera fase: Análisis de las causas de desperdicio y reproceso en la actividad de forja del espigo.

Una vez definido el objetivo, se formó un equipo integrado por el gerente de calidad, el gerente de planta, el jefe de turno, el preparador del área de forja y uno de los operarios encargados de supervisar el proceso para elaborar el diagrama causa-efecto de la figura 1 y determinar los factores con los que se podía experimentar, con la finalidad de disminuir el índice de desperdicio debido a la actividad de forja del espigo.

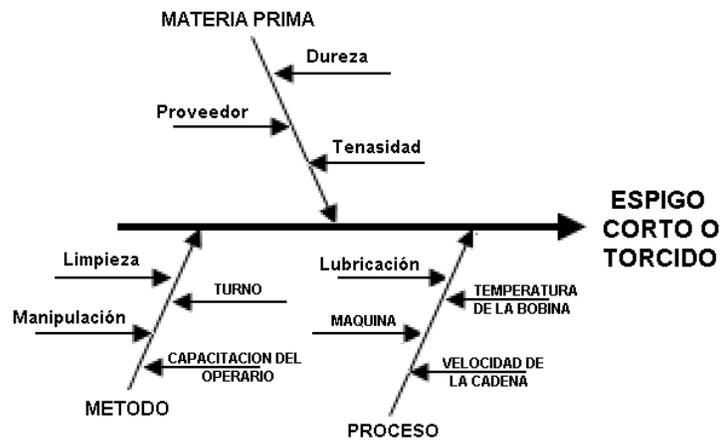


Figura 1: Diagrama causa-efecto sobre los factores que pueden influir en los defectos en el espigo.

Cuarta fase: Determinación de factores y niveles.

Una vez obtenidas las posibles causas que generan defectos en el espigo, en una reunión posterior, el equipo de trabajo llegó a la conclusión, a partir del análisis del diagrama de causa-efecto de la figura 1, que había cinco causas o factores que se podían controlar y que según su experiencia influían de mayor manera al desperdicio de espigo torcido: máquina, velocidad de la cadena, temperatura, operario y turno.

El equipo de trabajo también determinó que el rango de variación de cada uno de estos factores estaba limitado por las condiciones de fabricación y por los conocimientos técnicos y experiencia del equipo de trabajo; especialmente el factor que hace referencia al operario del área de forja. La tabla 2 muestra los factores y niveles propuestos para cada uno de los factores con los que se podía realizar el experimento.

FACTORES	Representación	POSIBLES NIVELES	
Máquina	(A)	IBS-402 No. 105	IBS-402 No. 106
Velocidad de la cadena	(B)	45	50
Temperatura de la bobina	(C)	800	850
Operario	(D)	1	2
Turno	(E)	1	2

Tabla 2. Factores y niveles de los factores considerados en el experimento.

Quinta fase: Desarrollo y ejecución del experimento.

Dado que los cinco factores significativos de la Tabla 2 sólo consideran 2 niveles posibles, se decidió utilizar un diseño 2^k . En otras palabras un diseño factorial 2^5 que requiere 32 experimentos para tomar una decisión, sin embargo debido a que la empresa autorizó realizar 2 réplicas entonces se realizarán 64 experimentos.

Para obtener el orden en el cual se realizaron los 64 experimentos del diseño factorial, se utilizó el software Minitab. La figura 2 muestra el procedimiento mediante el cual se obtuvo dicho orden: seleccionar el tipo de diseño, introducir los factores y sus niveles; y la Tabla 3 una muestra del orden propuesto por Minitab.

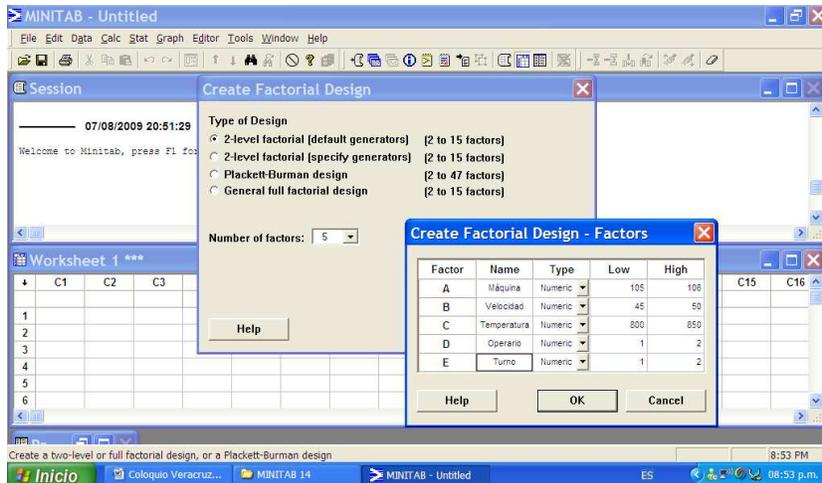


Figura 2: Creación del diseño en el Software Minitab.

No. de experimento	Máquina	Velocidad	Temperatura	Operario	Turno
1	105	50	850	1	1
2	105	50	800	2	2
3	106	50	800	2	1
4	106	45	800	2	2
5	106	50	850	2	2
6	106	50	850	2	1
.
.
.
63	105	50	850	2	1
64	106	45	850	2	2

Tabla 3. Orden indicado por el simulador del Software Minitab para ejecutar las apariencias.

La tabla 4 muestra algunos de los resultados obtenidos al final de cada turno, de la respuesta (limas con espigo torcido o corto), al ejecutar el experimento en el orden establecido por el software Minitab.

No. de experimento	Variable de respuesta (No. de limas con espigo corto o torcido)
1	21
2	32
3	45
4	64
5	25
6	38
.	.
.	.
.	.
63	22
64	26

Tabla 3. Resultados obtenidos al ejecutar el experimento.

III. RESULTADOS.

Después de haber determinado las características para la obtención de datos (factores, niveles y orden de ejecución del experimento) y haberlas aplicado en el proceso de forja del espigo para obtener el valor de la variable de respuesta: número de limas defectuosas; se procedió a analizar la respuesta mediante una gráfica de probabilidad normal (Figura 3a) y de pareto (Figura 3b). Para la elaboración de las gráficas sólo fue necesario introducir los datos de la variable de respuesta de acuerdo a las características de ejecución al software Minitab.

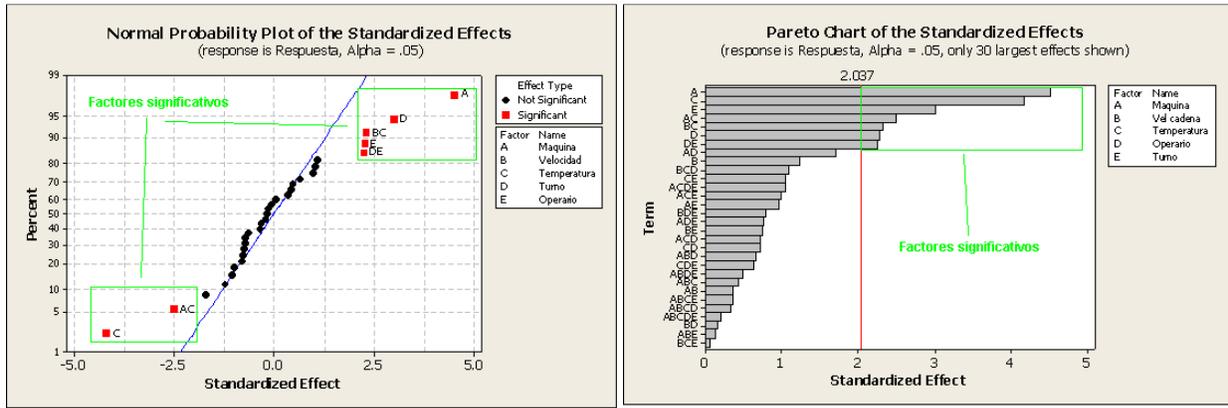
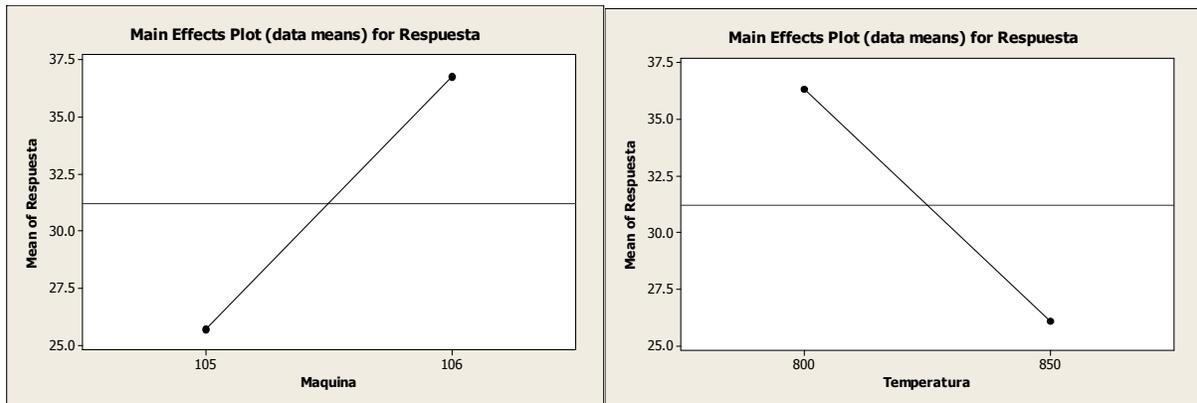


Figura 3: (a) Gráfica de probabilidad normal que muestra los factores significativos. (b) Diagrama de Pareto que muestra los factores significativos

De la Figura 3a se puede concluir que los factores significativos son: Máquina (A), temperatura (C), operario (D) y turno (E); y las interacciones: Máquina-temperatura (AC), Velocidad de la cadena-Temperatura (BC) y Operario-Turno (DE); ya que éstos se alejan de la curva de la normalidad. De la Figura 3b se concluye lo mismo que de la gráfica 3a, ya que todos estos factores e interacciones rebasan el valor de 2.037 definido por Minitab.

Para determinar el nivel óptimo para cada uno de los factores que resultaron significativos se realizaron gráficas de cada uno de los factores contra la variable de respuesta: Número de limas defectuosas (Figura 4). El resultado se muestra en la Tabla 4.



(a)

(b)

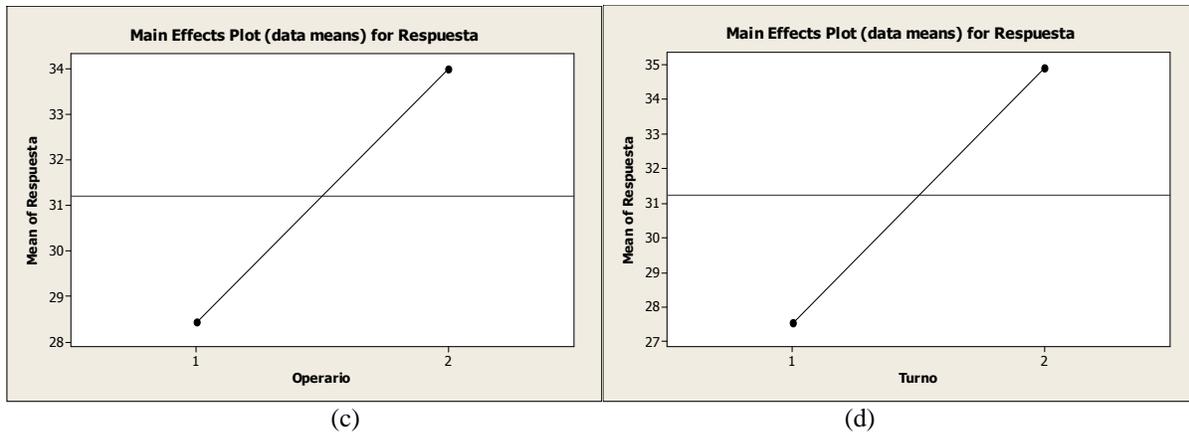


Figura 4. Gráficas de factores significativos Vs Variable de respuesta: (a) Nivel óptimo para el factor máquina. (b) Nivel óptimo para el factor temperatura. (c) Nivel óptimo para el factor operario. (d) Nivel óptimo para el factor turno.

Con la ayuda de la Figura 4a se determinó que el nivel del factor Máquina que minimiza el número de limas defectuosas es la máquina IBS-402 No. 105. Para el factor Temperatura (Figura 4b), el nivel óptimo es la temperatura de 850°. Para el factor operario (Figura 4c), el nivel que minimiza el número de limas defectuosas es el Operario número 1 y finalmente para el factor del turno (Figura 4d) se puede apreciar claramente que el turno matutino (1) es el que produce menos limas defectuosas. Estos resultados se muestran en la Tabla 4.

FACTORES	Representación	NIVEL
Máquina	(A)	IBS-402 No. 105
Temperatura de la bobina	(C)	850
Operario	(D)	1
Turno	(E)	1

Tabla 4. Factores y niveles óptimos para realizar la producción.

Una vez obtenidos los resultados del experimento fueron presentados al gerente de planta, gerente de calidad, jefe de turno y responsable del área de forja para mostrar los niveles y factores óptimos con la finalidad de disminuir las pérdidas generadas en el área

IV. CONCLUSIONES

La aplicación de herramientas estadísticas como lo es el diseño de experimentos en la empresa metal-mecánica resultó ser de mucha importancia para el análisis de las variables que generaban pérdidas en el proceso de forja. Este estudio dio a conocer los factores significativos y el nivel bajo el cual deben operar para aumentar la productividad de esta empresa.

Antes de realizar el presente estudio, ninguna de las variables que interferían en el proceso de forja del espigo era considerada importante para el proceso, por lo tanto, no era posible determinar qué factores originaban las pérdidas. En contraste, a partir de la aplicación de las herramientas estadísticas para la disminución de defectos en el espigo, que se describen en este artículo, se han disminuido las pérdidas (reproceso y chatarra) y se han enfocado los esfuerzos en acciones que conllevan a la eliminación éstas.

Cabe destacar que al momento de publicar este artículo, los directivos se encontraban en proceso de elaboración de la gráfica de costo-beneficio con el fin de conocer en cantidades exactas la disminución de pérdidas y el decremento en los costos de reproceso y desperdicio por chatarra.

V. REFERENCIAS.

Hicks Charles. “Fundamental Concepts in the design of experiments”, Editorial Harcourt Brace Jovanovich, Inc., Tercera edición, 1982

Mendenhall, Scheaffer & Wackely. “Estadística Matemática con Aplicaciones”, Grupo Editorial Iberoamérica

Montgomery, Douglas C. “Diseño de experimentos” Grupo Editorial Iberoamérica, Capitulo 9

Moen Ronald, Nolan Thomas & Provost Lloyd. “Quality Improvement Through Planned Experimentation”, Editorial Mc Graw–Hill, Segunda Edición, 1998

El Ing. **Jesús Guillermo Vilchis Santos**, estudió la licenciatura en Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Actualmente se encuentra en el último semestre de la Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba. Su experiencia profesional incluye el desarrollo de proyectos para empresas de gobierno y privadas.

El Dr. **Fernando Ortiz Flores**, es profesor investigador de la División de estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba. Sus funciones actuales son: impartir cursos de técnicas modernas de manufactura y dirección de tesis en la Maestría en Ingeniería Industrial. Tiene el grado de Doctor en Ciencias en Ingeniería Industrial otorgado por la BUAP, el de Maestro en ciencias en Ingeniería Industrial y el de Ingeniero Industrial Eléctrico otorgados por el Instituto Tecnológico de Orizaba. Su experiencia profesional incluye puestos en empresas privadas y de gobierno.

Análisis y establecimiento de algunos procesos de calidad en la red carretera de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos

Arturo Alberto Ferman Suárez¹, Ma. Eloisa Gurruchaga Rodríguez², Víctor Castillo Intriago³

Resumen—La búsqueda constante y la necesidad de mejorar la calidad en el servicio es el motivo principal y la razón de la implementación del proyecto con las herramientas y técnicas de Calidad., es esencialmente importante descubrir algunos de los factores que perciben dentro de las Plazas de Cobro, para verificar a fondo los motivos por los que se generan y producen estas consecuencias inadecuadas para la Plaza de Cobro, dando como resultado una percepción de malas prácticas y procesos de calidad que incide directamente en la prestación del servicio que se ofrece, Imagen y en el desempeño del Organismo.

Palabras claves— Calidad, Procesos, Estadística

INTRODUCCIÓN

En el proceso evolutivo de las Plazas de Cobro de la red carretera de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos han surgido situaciones que no han permitido un desempeño eficiente. Por lo que se dará a la tarea de analizarlos y así estar en condiciones de mejorarlos. Se propone utilizar las herramientas básicas de la calidad.

Se supone que el problema es la ausencia de adecuados procesos, perjudicando con esto directamente al servicio del usuario, así como, a la imagen institucional ya que ocasiona problemas de ineficiencia, largas filas, retrasos, altos costos, y probable corrupción, entre otros, por lo que se observa una gran área de oportunidad para analizarlos y planear estrategias para estar en posibilidad de ofrecer mejores servicios de calidad y eficiencia

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Las autopistas y puentes de cuota han sido factor fundamental en el desarrollo económico, político, social y cultural de México durante los últimos 50 años, ya que han permitido la creación de infraestructuras tan importantes como la educativa, la hidráulica, la agrícola, la urbana y la de salud, entre otras, a la vez que han integrado y comunicado a diversas zonas y regiones, lo que ha facilitado su articulación con el resto de la República.

Existen 17 los procesos operativos existentes en una plaza de cobro, en tres de ellos existe una falta de productividad que generan perdidas constantes para la caseta en tiempo, dinero y capital humano, mellando la potencialidad de productividad de la misma, estas situaciones son:

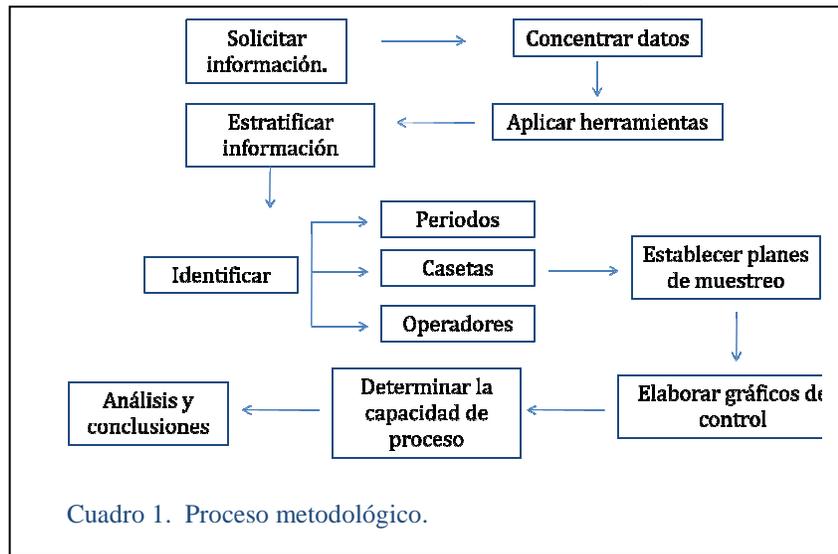
- Registro de fallas en el modulo
- Control de rollos y comprobantes de pago
- Cobro de cuota

¹ Arturo Alberto Fenmar Suárez, es alumno de la Maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz. México. arturo_fesua13@hotmail.com (autor corresponsal)

² Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez es Profesora Investigadora de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México mgurruchaga@itesm.mx y profesora de cátedra en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores y de Monterrey – CCV

³ Víctor Castillo Intriago es profesor investigador de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México. vcastillo@itorizaba.edu.mx

El proceso de resolución se establece en el cuadro No 1, los datos requeridos abarcaron los registros de fallas, folios de los rollos y turnos de operadores; se trabajó con 10 casetas, operando 24 horas diarias, durante los 365 días al año, con un total de 52 trabajadores, y se recolectaron datos de flujo vehicular y fallas en operación, el total de datos que se trabajó con el software Excell son 12,500, que corresponden al año 2008.



Posteriormente se aplican las herramientas básicas de calidad para identificar fallas, estratificar información, identificar periodos, casetas y operadores con mayor número de problemas.

Una vez que se ordenaron y concentraron los datos, se dio el primer paso del análisis estadístico identificando los tipos de fallas y clasificándolas según su gravedad. Se aplicaron diagramas de Pareto y gráficas de control para saber que fallas afectan más el proceso, se estratificó la información requerida para clasificarla y agruparla por fechas, mediante la estratificación se logró identificar la base de los problemas. Finalmente a través de diagramas de dispersión se determinó la relación directa e indirecta de las fallas con la falta de productividad.

Meses	Fatal	Grave	Leve
1	11	4	6
2	6	5	3
3	8	6	0
4	11	7	2
5	1	6	1
6	3	12	0
7	3	6	6
8	18	4	0
9	7	2	0
10	8	1	3
11	2	3	1
12	2	4	1
TOTAL	80	60	23

Cuadro 2 Clasificación de fallas por gravedad.

Se considera tres categorías de fallas: fatales, graves y leves. Las fatales se definen como aquellas en donde no es posible utilizar confiablemente el equipo de peaje; implica cierre de carril o la utilización de boletos de emergencia. Las graves son puntualizadas como las fallas en donde aunque el equipo esta operando, se detecta demasiadas discrepancias entre los equipos; implican una cantidad considerable de trabajo extra (aforo manual, revisión de videos, etc.). Por último las leves son consideradas como las que no afectan operativamente al sistema, sin embargo provocan molestias en la operación del mismo y provocan desinformación al usuario. La penalización dada según el tipo de falla es del 100%, 75% y 25% respectivamente.

COMENTARIOS FINALES

En este trabajo investigativo se determinó el análisis estadístico y la aplicación conjunta de diversas herramientas de calidad encontrando los siguientes resultados:

1. El 50% de fallas corresponde a fallas graves
2. El tiempo muerto acumulado de las fallas es de 297 días entre las 10 casetas, lo que corresponde a lo que sería una caseta de cobro.
3. El tipo de falla que más se presenta es en el equipo
4. El mes de mayo hay un incremento en el flujo vehicular, al igual que en el mes de diciembre, teniendo un incremento de aproximadamente 30%.
5. La caseta 2, 3, 5B y 10 son las que presentan mayor flujo vehicular a lo largo del año 2008.
6. Establecimiento de estrategias para mejorar la calidad del proceso.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten determinar cuales son los operadores que inciden en que no exista la productividad promedio en las casetas, las casetas en las que el mantenimiento deberá ser reprogramado, la disminución de los tiempos de servicio en un 50%.

Recomendaciones

Se espera que en un futuro este tipo de análisis sea implementado en otras casetas de manera tal que se optimice el funcionamiento de las mismas, minimizando el tiempo de espera para ser atendido.

Se recomienda hacer un mantenimiento exhaustivo antes de la temporada vacacional (semana santa, verano, navidad) pues en esos meses es cuando más fallas se presentan.

Con respecto a los turnos se recomienda poner mayor atención en el turno 2, pues es el turno mas fallas presenta y por consecuencia mayores tiempos muertos

Con respecto a los operadores se deberá trabajar en capacitarlos y entrenarlos a los que presentan mayor número de incidencias en las semanas donde no hubo justificación de fallas.

Con respecto a las fallas se recomienda revisar los equipos de cómputo, instalación, tarjeta y video a fin de evitar las fallas presentadas en las casetas. Dando mayor importancia a las fallas de equipos de computo pues más del 50% del tiempo muerto es debido a este tipo de fallas.

REFERENCIAS

Municio, Pedro. "Herramientas para la evaluación de la calidad " Bilbao : CISPRAxis, 2000. /

Díaz López, Karina [Propuesta de sistema de indicadores para apoyar el proceso de mejora en PyMES](#) "tesis maestría 2008

García Rodríguez, Rolando Eduardo "[Diagnóstico, prospectiva, planeación, reingeniería : herramientas para impulsar la mejora en los procesos de la Administración Pública](#) " tesis maestría 2008

Gutierrez, Mario “Nociones de calidad total : conceptos y herramientas básicas” México : Limusa , c2000

Kume, Hitoshi. “Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad “ Bogotá ; México : Grupo Editorial Norma, 2002.

Senlle, Andrés. “Evaluar la gestión y la calidad: herramientas para la gestión de la calidad y los recursos humanos”, Barcelona : Gestión 2000, 2003