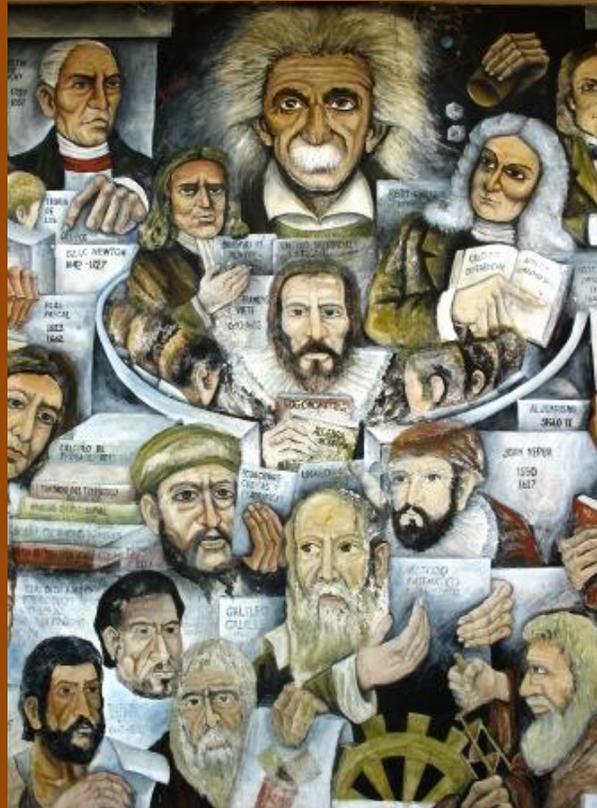


Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora

Volumen 1



Editor

Dr. Oscar Mario Rodríguez-Elias

Coeditores

Dr. Alonso Pérez-Soltero

Dr. Mario Barceló-Valenzuela

Dra. María Trinidad Serna-Encinas



ISBN 978-0-578-09609-4

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora

Volumen 1

Editor:

Dr. Oscar Mario Rodríguez-Elias

Coeditores:

Dr. Alonso Pérez-Soltero

Dr. Mario Barceló-Valenzuela

Dra. María Trinidad Serna-Encinas

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora

Volumen 1

Resultados del Primer Simposio Sobre Avances de
Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora

Editor:

Dr. Oscar Mario Rodríguez-Elias

Coeditores:

Dr. Alonso Pérez-Soltero

Dr. Mario Barceló-Valenzuela

Dra. María Trinidad Serna-Encinas



Maestría en Sistemas Industriales
Instituto Tecnológico de Hermosillo



Maestría en Ingeniería Industrial
Universidad de Sonora

Octubre de 2011

ISBN: 978-0-578-09609-4

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora,
Volumen 1

Resultados del Primer Simposio sobre:

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora.

Editor: Dr. Oscar Mario Rodríguez Elías

Coeditores: Dr. Alonso Pérez Soltero, Dr. Mario Barceló Valenzuela, Dra. María Trinidad
Serna Encinas

27-28 de Octubre de 2011,

División de Estudios de Posgrado e Investigación,
Instituto Tecnológico de Hermosillo

Maestría en Sistemas Industriales
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Instituto Tecnológico de Hermosillo

Maestría en Ingeniería Industrial
Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de Sonora

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora,
Volumen 1
2011: Hermosillo, Sonora (México).
Resultados del Primer Simposio sobre:
Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora.
Editor: Dr. Oscar Mario Rodríguez Elías;
Coeditores: Dr. Alonso Pérez Soltero, Dr. Mario Barceló Valenzuela, Dra. María Trinidad
Serna Encinas
27-28 de Octubre de 2011.
Hermosillo, Sonora: Instituto Tecnológico de Hermosillo,
2011.
218 páginas.
1 disco compacto: il. ; 4 ¾ plg.
ISBN 978-0-578-09609-4

D.R. © 2011 División de Estudios de Posgrado e Investigación
Maestría en Sistemas Industriales,
Instituto Tecnológico de Hermosillo
Av. Tecnológico S/N
Col. El Sahuaro
Hermosillo, Sonora, México
C.P. 83170
ISBN 978-0-578-09609-4

El presente libro constituye un reporte de los trabajos que fueron presentados como resultado del Primer Simposio de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, organizado por la Maestría en Sistemas Industriales del Instituto Tecnológico de Hermosillo, y la Maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora.

La información e ideas vertidas en cada uno de los capítulos de este libro, son responsabilidad exclusiva de los autores. Ni las instituciones que apoyaron en la organización de este libro, ni los editores del mismo se hacen responsables por las faltas en las que los autores hayan incurrido en la preparación de sus trabajos. Cualquier aclaración deberá ser remitida al autor principal de cada trabajo, o en su defecto a los coautores.

Directorio

Instituto Tecnológico de Hermosillo

M.S. Domingo Trujillo Venegas
Director

Dr. José Antonio Hoyo Montaña
Subdirector Académico

Ing. Pedro Luis Ibarra Daniel
Subdirector de Planeación y Vinculación

M.C. Daniel Fernando Espejel Blanco
Subdirector Administrativo

M.C. Sonia Regina Meneses Mendoza
Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación



Universidad de Sonora

Dr. Heriberto Grijalva Monteverde
Rector

Dr. Enrique Fdo. Velázquez Contreras
Secretario General Académico

M.E Rosa Elena Trujillo Llanes
Secretario General Administrativo

Dra. Arminda Guadalupe García de León Peñúñuri
Vicerector de la Unidad Regional Centro

Dr. Jesús Leobardo Valenzuela García
Director de la División de Ingenierías

M.C. Ricardo Alberto Rodríguez Carvajal
Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial



Comité Organizador

**Consejo de Posgrado de la Maestría en Sistemas Industriales
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Instituto Tecnológico de Hermosillo**

Dr. Oscar Mario Rodríguez Elías (*Presidente*)

Dr. Enrique de la Vega Bustillos (*Secretario*)

Dra. María Trinidad Serna Encinas

Dr. Germán Alonso Ruíz Domínguez

M.C. César Enrique Rose Gómez

Dr. Guillermo Valencia Palomo

M.C. Ignacio Fonseca Chon

Coordinador de la Maestría en Sistemas Industriales

M.C. José Miguel Rodríguez Pérez

**Comisión Académica del Posgrado en Ingeniería Industrial
Departamento de Ingeniería Industrial
División de Ingeniería
Universidad de Sonora**

Dr. Alonso Pérez Soltero (Coordinador del Posgrado en Ingeniería Industrial)

Dr. Mario Barceló Valenzuela

Dr. Jaime Alfonso León Duarte

Dr. Luis Felipe Romero Dessens

M.C. Guillermo Cuamea Cruz

M.C. Martín Chávez Morales

Prefacio

Este libro contiene los trabajos presentados en el *Primer Simposio de Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, organizado entre el profesorado de la Maestría en Sistemas Industriales del Instituto Tecnológico de Hermosillo, y el de la Maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora.

El presente es el primer resultado de los esfuerzos de vinculación entre ambos programas de posgrado, lo cual fue formalizado a principios de 2011, con la firma de una base de colaboración entre el Instituto Tecnológico de Hermosillo, a través de su División de Estudios de Posgrado, y de la Universidad de Sonora, a través de su Departamento de Ingeniería Industrial. Con este acuerdo se busca lograr una mayor vinculación entre ambos programas con el fin de incrementar la calidad de los mismos, a través de actividades de movilidad, tanto de estudiantes como de profesores, de colaboración y de cooperación en la impartición de cursos especializados, de realización de proyectos de investigación, y de colaboración en la dirección de tesis de posgrado, entre otras actividades académicas, culturales y de investigación.

El objetivo de este simposio es servir como un foro para promover y dar a conocer los avances y resultados de los proyectos de investigación y tesis de posgrado que se realizan en ambas instituciones, dentro de rubros relacionados con la ingeniería industrial y los sistemas industriales. Sin embargo, no se busca limitar la participación a los integrantes de los posgrados organizadores, sino buscar integrar éstos con otros sectores, tanto públicos como privados, ya sea a nivel licenciatura o posgrado. Para esto, como ejes de este simposio se ha establecido convocar a diversos actores, y permitir la participación de éstos en diversas modalidades, que incluyen: 1) la presentación de resultados finales y avances parciales de tesis de posgrado, 2) la presentación de resultados finales o parciales de proyectos de investigación registrados ante alguna instancia capacitada para esto, ya sea con o sin financiamiento.

De esta manera, este simposio abre la puerta para que, tanto estudiantes como profesores e investigadores, a nivel posgrado y licenciatura, tengan un foro en el cual puedan exponer y difundir los resultados de sus investigaciones, así como conocer lo que otros actores realizan en sus áreas de trabajo o interés, y de esta forma abrir caminos para la colaboración.

En este primer simposio se presentaron un total de 33 trabajos, donde 8 corresponden a reportes de resultados, mientras que los restantes 25 son reportes de avances parciales de proyectos de tesis de posgrado. Dichos trabajos abarcan diversas áreas de la

ingeniería industrial y los sistemas industriales, y han sido clasificados en 7 áreas: I) *Ingeniería Industrial*, II) *Sistemas de Producción*, III) *Ergonomía*, IV) *Métricas, Mediciones y Metrología*, V) *Gestión del Conocimiento*, VI) *Bases de datos* y VII) *Automatización y control*. Para facilitar la localización de trabajos, tanto por modalidad como por área temática, se han elaborado dos índices de contenido.

Con la esperanza de que este primer simposio, y particularmente este libro en el que se reportan sus resultados, se conviertan en un foro constante de intercambio de experiencias y de colaboración, se da la bienvenida a este primer volumen.

Dr. Oscar Mario Rodríguez Elias

Índice de Contenido

A.- Resultados de Investigación

Aniayareli Montoya Sánchez, Enrique de la Vega Bustillos, <i>Uso del Análisis de Elemento Finito en la Detección de Desórdenes de Trauma Acumulado</i>	29
Mario Barceló Valenzuela, Melitón Alberto Sánchez D. y Luis Felipe Romero D., <i>Enfoque de los Distintos Retos Dentro de una Economía Empresarial: “El Know How del Reciclaje”</i>	89
Alondra Zavala Díaz, César Enrique Rose Gómez, Oscar Mario Rodríguez Elías, María Trinidad Serna Encinas, <i>Modelo de Conocimiento para un Sistema de Gestión de Conocimiento de una División de Estudios de Posgrado e Investigación Tecnológica</i>	99
Alonso Perez-Soltero, Rosario Guadalupe Álvarez Quijada, Mario Barceló-Valenzuela, Heleodoro Sotelo Sanchez, <i>Un Modelo Conceptual para la Identificación del Conocimiento Clave en el Desarrollo de Nuevos Productos</i>	110
María Trinidad Serna Encinas, César Enrique Rose Gómez, Guillermo Gómez Almeida, <i>Algoritmo de Compresión de Datos Multidimensionales</i>	154
Eduardo Bojórquez Martínez, María Trinidad Serna Encinas, César Enrique Rose Gómez, Sonia Regina Meneses Mendoza, <i>Arquitectura HOLAP para la visualización tridimensional de un cubo de datos</i>	163
Zinnia Mizquez Antunez, Víctor Hugo Benítez Baltazar, <i>Una Propuesta de Control para Helioestado en Lazo Cerrado</i>	173
Carolina Lugo Zúñiga y Germán Alonso Ruiz Domínguez, <i>Actualización de un sistema de Control Numérico Computarizado por medio de la comparación de códigos de programación</i>	194

B.- Avances de Investigación

Diana Figueroa Martínez, Carlos Anaya Eredias, <i>Desarrollo de un Modelo Estratégico basado en Proyecciones Estadísticas para el Área de Consulta Externa del Centro Médico “Dr. Ignacio Chávez” en Hermosillo, Sonora</i>	1
Mario Barceló-Valenzuela, Guadalupe Romo Cortés, Alonso Perez-Soltero, <i>Un sistema de perspectivas estratégicas para un Cuadro de Mando de una Empresa Minera</i>	6
Luis Felipe Romero Dessens, José Alberto González Anaya, Luis Manuel Lozano Cota, <i>Optimización de Colonia de Hormigas para resolver el problema de Distribución en Planta</i>	11
René Cárdenas Beltrán, Dr. Germán Alonso Ruiz Domínguez, M .C. Sergio Rodrigo Amparán Martínez, <i>Caracterización de la Utilización de Conceptos Lean Manufacturing en Diseño</i>	16
Angeles Magaña Barajas, Guillermo Cuamea Cruz, <i>Propuesta de una estrategia de mantenimiento utilizando Mantenimiento Centrado en Confiabilidad</i>	20
Luis Felipe Romero, Zuhara Ivette Chávez, <i>Rediseño de Sistema Productivo Mediante Técnicas de Mapeo</i>	25
Contreras Poom Fabiola Guadalupe, Enrique de la Vega Bustillos, <i>Modelo de Confiabilidad para el error humano</i>	39

Genesis Y. Avila-Rubio, Jorge D. Gutierrez-Cota, <i>Detección y seguimiento de movimientos de un operador en un ambiente de producción industrial, utilizando interfaces de reconocimiento de lenguaje natural</i>	42
Ingrid C. Moraila-Bórquez, Jorge D. Gutierrez-Cota, <i>Interacción Humano computadora en un entorno de Inteligencia ambiental para el monitoreo del operador en los tópicos de seguimiento-fatiga-desempeño</i>	49
Yomara Denisse Campillo Acuña, <i>Modelo de Predicción de Desorden de Trauma Acumulado por medio de Termografía</i>	54
Yoselinda López Montiel, Enrique de la Vega Bustillos, <i>Vibraciones en Extremidades Superiores: Aplicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001</i>	58
Karla Patricia Lucero Duarte, Enrique de la Vega Bustillos, <i>Estudio de las características antropométricas de la población laboral de la industria automotriz del noroeste de México</i>	61
Ana Margarita Cruz Zazueta, Jorge David Gutiérrez Cota, <i>Modelo de Seguridad Industrial basada en la localización y sensible al contexto (Poka Yoke Ambiental)</i>	66
Carlos Anaya Eredias, Rolando Flores Ochoa, Luis Manuel Lozano Cota, <i>Aplicación del Análisis de Componentes Principales para fundamentar el diseño del mobiliario escolar de primarias de Navojoa, Sonora, caracterizando la antropometría de los estudiantes</i>	72
Miguel Ángel López Arriquivez, Martín Chávez Morales, Luis Felipe Romero Dessens, <i>Factores que Influyen en la Confiabilidad de la Medición de la Presión Arterial en los Servicios de Salud</i>	77
Luis Manuel Lozano Cota, Rafael Verdugo Miranda, Martín Chávez Morales, <i>La Metrología como Impulsor de Competitividad En PyMES del ramo Metalmeccánico</i>	82
Jesús Idelfonso Martínez Bojórquez, César Enrique Rose Gómez, Oscar Mario Rodríguez Elías, María Trinidad Serna Encinas, <i>Anotador Semántico en un Sistema de Gestión de Conocimiento de una División de Estudios de Posgrado e Investigación Tecnológica</i>	121
María de Jesús Velázquez Mendoza, Oscar Mario Rodríguez Elías, Cesar Enrique Rose Gómez, Sonia Regina Meneses Mendoza, <i>Estructura para el Diseño de Perfiles de Conocimiento Organizacionales</i>	126
Jaime León Duarte, Denis Orozco Alvarez, <i>Propuesta metodológica para determinar el índice de Economía basada en el conocimiento en el estado de Sonora</i>	133
Mario Barceló-Valenzuela, Emmy Getsel Sánchez Córdova, Alonso Perez-Soltero, <i>Modelo para Potenciar el Conocimiento Organizacional en una Empresa Cárnica del Sur del Estado de Sonora</i>	137
Mario Barceló-Valenzuela, Enrique Ríos Zuñiga, Alonso Perez-Soltero, <i>Aplicación de gestión del conocimiento en la administración de proyectos en una compañía que manufactura aromatizantes ambientales, mediante el uso de tecnologías de la información</i>	142
Luis A. Madrid Hurtado, Oscar M. Rodríguez Elías, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Guillermo Valencia Palomo, <i>Uso de Sistemas Basados en Agentes Inteligentes para apoyar la Gestión del Conocimiento en Procesos de Producción Industrial</i> .	147

Alejandro Guzmán Luna, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Ignacio Fonseca Chon, Enrique De la Vega Bustillos, <i>Establecimiento de Parámetros de Operación de Máquina de Soldadura por Puntos</i>	182
Nabor Romero Villa, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Rogelio Acedo Ruiz, Angel Ocaña, Andres Aghmed Reyes, <i>Diseño de un Sistema de Control Programable ...</i>	187
Cynthia Lorena Velasquez Valenzuela, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Ignacio Fonseca Chon, <i>Control Estadístico de Procesos con Corridas Cortas de Producción</i>	191

Índice de Contenido Temático

I.- Ingeniería Industrial

Diana Figueroa Martínez, Carlos Anaya Eredias, <i>Desarrollo de un Modelo Estratégico basado en Proyecciones Estadísticas para el Área de Consulta Externa del Centro Médico “Dr. Ignacio Chávez” en Hermosillo, Sonora</i>	1
Mario Barceló-Valenzuela, Guadalupe Romo Cortés, Alonso Perez-Soltero, <i>Un sistema de perspectivas estratégicas para un Cuadro de Mando de una Empresa Minera</i>	6

II.- Sistemas de Producción

Luis Felipe Romero Dessens, José Alberto González Anaya, Luis Manuel Lozano Cota, <i>Optimización de Colonia de Hormigas para resolver el problema de Distribución en Planta</i>	11
René Cárdenas Beltrán, Dr. Germán Alonso Ruiz Domínguez, M .C. Sergio Rodrigo Amparán Martínez, <i>Caracterización de la Utilización de Conceptos Lean Manufacturing en Diseño</i>	16
Angeles Magaña Barajas, Guillermo Cuamea Cruz, <i>Propuesta de una estrategia de mantenimiento utilizando Mantenimiento Centrado en Confiabilidad</i>	20
Luis Felipe Romero, Zuhara Ivette Chávez, <i>Rediseño de Sistema Productivo Mediante Técnicas de Mapeo</i>	25

III.- Ergonomía

Aniayareli Montoya Sánchez, Enrique de la Vega Bustillos, <i>Uso del Análisis de Elemento Finito en la Detección de Desórdenes de Trauma Acumulado</i>	29
Fabiola Guadalupe Contreras Poom, Enrique de la Vega Bustillos, <i>Modelo de Confiabilidad para el error humano</i>	39
Genesis Y. Avila-Rubio, Jorge D. Gutierrez-Cota, <i>Detección y seguimiento de movimientos de un operador en un ambiente de producción industrial, utilizando interfaces de reconocimiento de lenguaje natural</i>	42
Ingrid C. Moraila-Bórquez, Jorge D. Gutierrez-Cota, <i>Interacción Humano computadora en un entorno de Inteligencia ambiental para el monitoreo del operador en los tópicos de seguimiento-fatiga-desempeño</i>	49
Yomara Denisse Campillo Acuña, <i>Modelo de Predicción de Desorden de Trauma Acumulado por medio de Termografía</i>	54
Yoselinda López Montiel, Enrique de la Vega Bustillos, <i>Vibraciones en Extremidades Superiores: Aplicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001</i>	58
Karla Patricia lucero Duarte, Enrique de la Vega Bustillos, <i>Estudio de las características antropométricas de la población laboral de la industria automotriz del noroeste de México</i>	61
Ana Margarita Cruz Zazueta, Jorge David Gutiérrez Cota, <i>Modelo de Seguridad Industrial basada en la localización y sensible al contexto (Poka Yoke Ambiental)</i>	66
Carlos Anaya Eredias, Rolando Flores Ochoa, Luis Manuel Lozano Cota, <i>Aplicación del Análisis de Componentes Principales para fundamentar el diseño del</i>	

<i>mobiliario escolar de primarias de Navojoa, Sonora, caracterizando la antropometría de los estudiantes</i>	72
IV.- Métricas, mediciones y metrología	
Miguel Ángel López Arriquivez, Martín Chávez Morales, Luis Felipe Romero Dessens, <i>Factores que Influyen en la Confiabilidad de la Medición de la Presión Arterial en los Servicios de Salud</i>	77
Luis Manuel Lozano Cota, Rafael Verdugo Miranda, Martín Chávez Morales, <i>La Metrología como Impulsor de Competitividad En PyMES del ramo Metalmeccánico</i>	82
V.- Gestión del conocimiento	
Mario Barceló Valenzuela, Melitón Alberto Sánchez D. y Luis Felipe Romero D., <i>Enfoque de los Distintos Retos Dentro de una Economía Empresarial: “El Know How del Reciclaje”</i>	89
Alondra Zavala Díaz, César Enrique Rose Gómez, Oscar Mario Rodríguez Elías, María Trinidad Serna Encinas, <i>Modelo de Conocimiento para un Sistema de Gestión de Conocimiento de una División de Estudios de Posgrado e Investigación Tecnológica</i>	99
Alonso Perez-Soltero, Rosario Guadalupe Álvarez Quijada, Mario Barceló-Valenzuela, Heleodoro Sotelo Sanchez, <i>Un Modelo Conceptual para la Identificación del Conocimiento Clave en el Desarrollo de Nuevos Productos</i>	110
Jesús Idelfonso Martínez Bojórquez, César Enrique Rose Gómez, Oscar Mario Rodríguez Elías, María Trinidad Serna Encinas, <i>Anotador Semántico en un Sistema de Gestión de Conocimiento de una División de Estudios de Posgrado e Investigación Tecnológica</i>	121
María de Jesús Velázquez Mendoza, Oscar Mario Rodríguez Elías, Cesar Enrique Rose Gómez, Sonia Regina Meneses Mendoza, <i>Estructura para el Diseño de Perfiles de Conocimiento Organizacionales</i>	126
Jaime León Duarte, Denis Orozco Alvarez, <i>Propuesta metodológica para determinar el índice de Economía basada en el conocimiento en el estado de Sonora</i>	133
Mario Barceló-Valenzuela, Emmy Getsel Sánchez Córdova, Alonso Perez-Soltero, <i>Modelo para Potenciar el Conocimiento Organizacional en una Empresa Cárnica del Sur del Estado de Sonora</i>	137
Mario Barceló-Valenzuela, Enrique Ríos Zuñiga, Alonso Perez-Soltero, <i>Aplicación de gestión del conocimiento en la administración de proyectos en una compañía que manufactura aromatizantes ambientales, mediante el uso de tecnologías de la información</i>	142
Luis A. Madrid Hurtado, Oscar M. Rodríguez Elías, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Guillermo Valencia Palomo, <i>Uso de Sistemas Basados en Agentes Inteligentes para apoyar la Gestión del Conocimiento en Procesos de Producción Industrial</i> .	147
VI.- Bases de datos	
María Trinidad Serna Encinas, César Enrique Rose Gómez, Guillermo Gómez Almeida, <i>Algoritmo de Compresión de Datos Multidimensionales</i>	154

Eduardo Bojórquez Martínez, María Trinidad Serna Encinas, César Enrique Rose Gómez, Sonia Regina Meneses Mendoza, <i>Arquitectura HOLAP para la visualización tridimensional de un cubo de datos</i>	163
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

VII.- Automatización y control

Zinnia Mizquez Antunez, Víctor Hugo Benítez Baltazar, <i>Una Propuesta de Control para Helioestado en Lazo Cerrado</i>	173
Alejandro Guzmán Luna, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Ignacio Fonseca Chon, Enrique De la Vega Bustillos, <i>Establecimiento de Parámetros de Operación de Máquina de Soldadura por Puntos</i>	182
Nabor Romero Villa, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Rogelio Acedo Ruiz, Angel Ocaña, Andres Aghmed Reyes, <i>Diseño de un Sistema de Control Programable ...</i>	187
Cynthia Lorena Velasquez Valenzuela, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Ignacio Fonseca Chon, <i>Control Estadístico de Procesos con Corridas Cortas de Producción</i>	191
Carolina Lugo Zúñiga y Germán Alonso Ruiz Domínguez, <i>Actualización de un sistema de Control Numérico Computarizado por medio de la comparación de códigos de programación</i>	194

Desarrollo de un Modelo Estratégico basado en Proyecciones Estadísticas para el Área de Consulta Externa del Centro Médico “Dr. Ignacio Chávez” en Hermosillo, Sonora

Diana Figueroa Martínez y Carlos Anaya Eredias

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
dfigueroa@industrial.uson.mx, canaya@industrial.uson.mx

Resumen. Este documento proporciona las pautas para realizar una predicción estadística mediante metodologías probadas en previsiones proyectivas eficientes, a partir de información histórica contenida en una serie de datos. Se prueba tal metodología, mediante datos reales desde el 2005 al 2010 de un centro médico de la ciudad de Hermosillo, México ayudando tal predicción a tomar decisiones en infraestructura, mobiliario de hospital, cantidad de personal, etc., se presenta también varios métodos de pronósticos según el número de variables de una serie de datos y cuando utilizar cada uno de ellos.

Palabras clave: Pronósticos, variables, toma de decisiones.

1 Introducción

Los cambios económicos que se han venido dando en México exigen preparar a las organizaciones, para que puedan disponer de información que les permita adaptarse a las situaciones variantes de un entorno competitivo.

Es importante destacar, que las metodologías de pronósticos de tiempo permiten hacer previsiones proyectivas eficientes, a partir de información histórica contenida en una serie de datos, pero además son una herramienta imprescindible para poder construir modelos bien especificados y complejos que incluyan otras variables de análisis multivariable [1].

La idea fundamental de la presente investigación es aplicar estas herramientas estadísticas y elaborar un pronóstico que intente ajustar alguno de los modelos formulados presentados. La información requerida (período de Enero 2005 a Enero 2010), fue proporcionada por el Departamento de Estadística e Informática del Centro Médico Dr. Ignacio Chávez en Hermosillo, Sonora.

2 Marco Teórico

Para que una entidad alcance y mantenga sus éxitos debe evaluarse constantemente de tal manera que pueda rediseñar sus estrategias y acciones hacia el cumplimiento de sus metas en este caso hacia los derechohabientes, por ello se efectuará una propuesta de proyección estadística con el fin de incrementar los niveles de atención y eficiencia de sus derechohabientes en el área de consulta externa proponiéndose las necesidades actuales que tiene el primer nivel de atención, contando con los siguientes puntos:

- El tiempo de atención de consulta externa a los derechohabientes no se encuentra estandarizada (hay parámetros internacionales pero no se sigue tan estructura).
- Tiempo efectivo de consulta por médicos entre 3 a 4 horas por turno.
- Turnos no aprovechados en capacidad (1er turno de 8 am a 2 pm, 2do turno de 2 a 9 pm) con tiempo de ocio aproximado de 3 a 4 horas.
- No se cuenta con patrones por enfermedades por año.
- Alta demanda con poca capacidad de médicos especialistas y generales.
- No existen estimaciones respecto a las metas de cobertura de personal médico disponible.
- Necesidades en base a la demanda

2.1 Características del campo de estudio

El Centro Médico en el cual se presenta tal predicción estadística es una institución de prestación de servicios de salud con más de 145,000 derechohabientes hasta Abril del 2011, que incluyen trabajadores, pensionados y jubilados de organismos públicos, magisterio y oficinas generales de gobierno. Además los asegurados tienen derecho de tener adscritos al servicio a esposa, hijos, y padres, los cuales se les denomina como beneficiarios. Los servicios que solicitan los usuarios con mayor frecuencia son consulta externa y especialidades, en las que principalmente están entre los 25 a 80 años de ambos sexos. Según la base de datos proporcionada por el Centro Médico, estos usuarios provienen en un 75% de la localidad de Hermosillo y el resto son pacientes foráneos.

El objetivo de la Coordinación de Consulta Externa es aplicar políticas y normas de operación de la consulta externa en las diversas especialidades médicas para la atención de usuarios referidos o bajo control médico [2].

2.2 Consulta Externa General

El objetivo fundamental según el Manual de Procedimientos (2009) de Consulta Externa del Centro Médico “Dr. Ignacio Chávez”, es proporcionar consulta médica con calidad y alto sentido humano a derechohabientes de ISSSTESON, donde se efectúa de lunes a viernes de 7:00 a 21:00 horas, además toda consulta general deberá ser registrada con nota clínica en expediente electrónico con la clave del médico tratante. En esta área se asigna 30 pacientes diarios por médico [3].

ISSSTESON: Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado de Sonora.

2.3 Diagrama de flujo de proceso del área

El Centro Médico presenta el siguiente procedimiento para la atención de derechohabiente, mostrando así una serie de etapas que se presentan a continuación en la figura 1 [2].

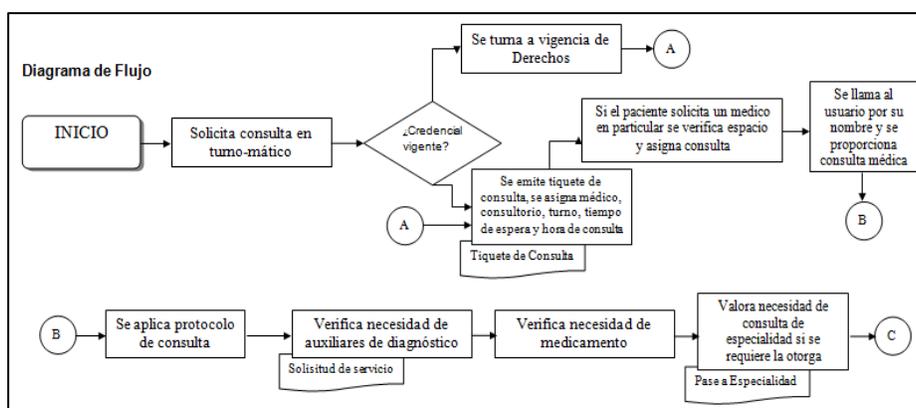


Fig. 1. Representación del Diagrama de Procesos del Centro Médico.

Solicita consulta en turno-mático: Requerimiento del paciente de turno mediante un sistema de ordenador de cola.

Protocolo de consulta: Son los documentos que describen la secuencia del proceso de atención de un paciente en relación a una enfermedad o estado de salud.

Valoración de consulta subsecuente: Es la consulta médica que se otorga al paciente para seguimiento de su padecimiento.

3 Selección del modelo

En la presente investigación se abordará la implementación del estudio analítico de series de datos históricos recopilados en el área de Consulta externa del Centro Médico, para así proceder a estudiar el comportamiento y predecir los valores que puede tomar en el futuro y ayudar a la toma de decisiones organizacionales.

La serie de tiempo es una sucesión cronológica de observaciones de una variable particular [4].

Según [4] se debe tomar en cuenta cinco aspectos para la respectiva selección del modelo de pronóstico con las siguientes aristas:

1. El horizonte de tiempo para realizar la proyección.
2. La disponibilidad de los datos.
3. La exactitud requerida.
4. El tamaño del presupuesto de proyección.
5. La disponibilidad de personal calificado.

Puntualiza [5] que al registro metódico de la medición u observación numérica, efectuada a intervalos de tiempo fijos, se le conoce como series de tiempo.

A continuación se muestra en la figura 2 un modelo conceptual de cómo se puede identificar el método a trabajar [4], [5], [6].

Método de proyección	Cantidad de datos históricos	Patrón de los datos	Horizonte de proyección
Ajuste exponencial simple	5 a 10 observaciones para fijar la ponderación	Los datos deben ser estacionarios	Corto
Ajuste exponencial Holt	10 a 15 observaciones para fijar la ponderación	Tendencias pero no estacionalidad	Corto a mediano
Ajuste exponencial Winter	Por lo menos 4 ó 5 observaciones por trimestre	Tendencias y estacionalidad	Corto a mediano
Modelos de la tendencia de regresión	10 a 20 observaciones para la estacionalidad, por lo menos 5 por trimestre	Tendencias y estacionalidad	Corto a mediano
Modelos de regresión casual	10 observaciones por variable independiente	Puede manejar patrones complejos	Corto, mediano o largo
Descomposición de las series de tiempo	Suficiente para ver 2 picos y simas	Maneja patrones cíclicos y estacionales puede identificar los	Corto a mediano
Box Jenkins	50 o mas observaciones	Deben ser estacionarios o ser transformados en estacionarios	Corto, mediano o largo

Fig. 2. Métodos de proyección estadística de varios autores

4 Conclusiones

Se ha realizado una serie de estadística básica a la base de datos del área de consulta externa para clasificar los datos diarios a meses por año. La etapa de aplicación de la metodología a utilizar está en proceso, así como la experimentación.

5 Bibliografía

1. Marti, M; Prat, A; Hernández, C.: Aplicación de la Metodología de Box-Jenkins a la Previsión de la punta mensual de carga de una empresa eléctrica. Springer, 2-4 (1985)
2. Manual de Procedimientos del Centro Médico Dr. Ignacio Chávez. ISSSTESON, (2009)
3. Manual de Organización del Centro Médico Dr. Ignacio Chávez. ISSSTESON, (2009)
4. Bowerman, B; O'Connell, R; Koehler, A.: Pronósticos, Series de Tiempo y Regresión, un enfoque aplicado. Cengage 7, 27-45 (2007)

5. Chatfield C.: The analysis of time series. An Introduction. Chapman & Hall 5, 90-5 (2004)
6. LIEBERMAN, M. B.; MONTGOMERY, D.S.: First-mover (dis)advantages: retrospective and link with the resource-based view. Strategic Management Journal, 19, 1111-1125 (1998)

Un sistema de perspectivas estratégicas para un Cuadro de Mando de una Empresa Minera

Mario Barceló-Valenzuela, Guadalupe Romo Cortés, Alonso Perez-Soltero

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
{mbarcelo, aperez}@industrial.uson.mx; lupitaromoc@gmail.com

Resumen. El medir el proceder de una organización permite controlar y mejorar el desempeño de la misma. Una herramienta metodológica que sirve para apoyar la medición de todos los elementos que se presentan e influyen en una organización es el Cuadro de Mando (CM). El tradicional se basa en cuatro perspectivas. En el presente trabajo, se plasma la necesidad de realizar un análisis y diagnóstico organizacional para desarrollar e implementar un sistema de perspectivas estratégicas adecuadas a los requerimientos que se presentan en una empresa minera. El seguimiento y evaluación de éstas, se llevará a cabo a través de un sistema tecnológico.

Palabras clave: Cuadro de Mando, Perspectivas Estratégicas, Indicadores

1 Introducción

En los próximos años, solo tendrán éxito las organizaciones capaces de diagnosticar su salud global, para lo cual deberán tener incorporados sistemas de diagnóstico permanentes en los diferentes niveles [1]. Existen diferentes tópicos que permiten medir con mayor o menor precisión el desenvolvimiento de una empresa, tal es el caso de la planeación estratégica, la administración financiera o más recientemente, el valor del capital intelectual.

En este documento, se plasma el desarrollo e implementación de un modelo de perspectivas estratégicas, el cual mediante el apoyo de un sistema de información, tiene como objetivo el identificar cuáles son las más apropiadas para una empresa dedicada a la minería.

2 Marco Teórico

Una herramienta metodológica que sirve para apoyar la medición de todos los elementos, que se presentan e influyen en una organización es el Balanced Scorecard, el cual ha sido

ampliamente utilizado en el mundo empresarial. Para el caso de los países de habla hispana, el Balanced Scorecard se ha traducido como Cuadro de Mando Integral (CMI). Existen diferentes tipos de CMI, si bien los más utilizados son los que se basan en la **metodología de Kaplan y Norton [2]**. La principal característica de esta metodología es el utilizar indicadores financieros y no financieros. De tal forma que los objetivos estratégicos se organizan en cuatro perspectivas: financiera, cliente, interna y aprendizaje/crecimiento.

La ventaja primordial de esta metodología es que no se circunscribe solamente a una perspectiva, sino que las considera todas simultáneamente, identificando las relaciones entre ellas [3]. El CMI es un modelo de gestión con visión a largo plazo, en contraste con modelos que proporcionan una visión más a corto plazo [4].

Haciendo un análisis sobre distintas empresas que han aplicado esta metodología y que no han logrado el éxito esperado, o han presentado ciertas barreras en su aplicación, podemos determinar algunas fallas que ocasionan el fracaso en la implementación del CMI. Uno de los principales problemas es el utilizar un CMI que no se adecue totalmente a los requerimientos del problema u organización. De ahí que es necesario hacer un análisis sobre las perspectivas que más se apeguen a los requerimientos de la organización. El alcance y características del modelo se deberán adaptar a las características, situación y necesidades de la empresa [5].

3 Descripción del problema

En la empresa minera, actualmente no se cuenta con una estrategia adecuada de evaluación para llevar un adecuado seguimiento de las actividades, con el fin de apoyar a las labores del personal y se logre visualizar el comportamiento de la unidad que se desee. Es por ello que se desarrolla una propuesta para el Departamento de Servicio al Cliente de la Minera, en el cual se presentan problemas debido a la falta de comunicación entre empleados, falta de integración de los objetivos estratégicos, así como de proyectos que involucren a los departamentos, afectando los costos, productividad y el servicio al cliente.

4 Desarrollo de la solución

Distintas empresas se han dedicado a analizar las perspectivas que desarrollarán en la implementación de un CMI, ya que diversos estudios indican que el hacer un análisis sobre las perspectivas que mejor se apeguen a los requerimientos y necesidades de la empresa se ayudará a desarrollar un modelo de indicadores que cumpla con los objetivos principales de la empresa. Previamente se ha descrito que, el CMI se sustenta en cuatro perspectivas principales, aunque el uso de las mismas no sea de carácter obligatorio y la empresa pueda añadir las que crea necesarias.

En la tabla 1, se pueden observar iniciativas de CMI, llevadas a cabo por diferentes empresas, sobre las distintas perspectivas que han sido aplicadas en conjunto con las perspectivas tradicionales en la implementación de un CMI.

Tabla 1. Perspectivas Desarrolladas en empresas de distintos giros

Giro de la Empresa	Perspectivas Tradicionales	Perspectiva Adicional
Automotriz	Financiera, Clientes, Procesos Internos, Aprendizaje	Proveedores
Educación	Financiera, Clientes, Procesos Internos, Aprendizaje	Entorno
Construcción	Financiera, Clientes, Procesos Internos, Aprendizaje	Medio Ambiente
Panificadora	Financiera, Clientes, Procesos Internos, Aprendizaje	Resp. Social

La Tabla 1 y el análisis de la literatura relacionada a CMI, son la base para proponer una iniciativa con las perspectivas estratégicas adecuadas para esta empresa. Es por ello que, se ha decidido agregar a las perspectivas tradicionales, 2 perspectivas adicionales: Sustentabilidad y Responsabilidad Social.

En la figura 1, se muestra el sistema de perspectivas estratégicas para la minera.



Fig. 1. Sistema de Perspectivas Estratégicas para la empresa minera

La descripción de las perspectivas tradicionales responden a la propuesta de Kaplan y Norton, por ello, solo se describen solamente los nuevos conceptos de que se han agregado al modelo propuesto.

La Responsabilidad Social se concentra en que las acciones de la empresa sean sostenibles, es decir, que trasciendan en el futuro sin comprometer a las futuras generaciones. Para esta empresa es de vital importancia cumplir con los estándares de calidad en el manejo del medio ambiente, ya que la afectación al medio ambiente es el cuestionamiento que más aflora en los conflictos mineros. A la par, por medio de la Sustentabilidad se busca generar una actividad minera comprometida, responsable y ética, que sea justa con el Estado, con la comunidad y con el ambiente.

Una estrategia para llevar a cabo el seguimiento y el desarrollo adecuado de las perspectivas, es el determinar los indicadores estratégicos. El seguimiento de éstos, se llevará a cabo a través de un sistemas de información, para facilitar el monitoreo de la productividad, mediante el uso de indicadores, los cuales son presentados de una forma sencilla y accesible a las personas responsables e involucradas, de tal forma que se logre el seguimiento deseado. El sistema de información facilitará el seguimiento y valoración de las perspectivas y sus indicadores, logrando que los resultados puedan ser monitoreados efectivamente.

5 Resultados

Se ha considerado muy importante, el analizar las perspectivas de sustentabilidad y responsabilidad social ya que la empresa extrae su materia prima del medio ambiente, forjándose el compromiso de cuidar los recursos naturales del Estado.

Uno de los primeros pasos del CMI es la construcción del mapa estratégico, el cual es una manera de proporcionar una visión macro de la [estrategia de una organización](#).

Antes de elegir las métricas para evaluar su desempeño, se debe determinar cuáles son los valores principales para la organización. Para la empresa minera en cuestión, en la figura 2, se plantea un ejemplo basado en la perspectiva de Sustentabilidad, en la cual se determinan cuales son los objetivos principales, para proceder a determinar cuáles serán los indicadores que ayudarán a evaluar su desempeño.

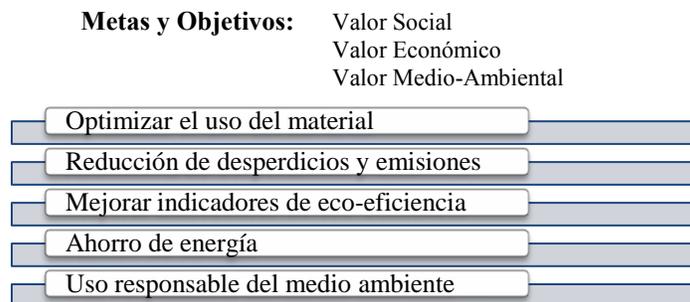


Fig. 2 Mapa Estratégico para la Perspectiva de Sustentabilidad

6 Conclusiones

Mediante la implementación del sistema de perspectivas estratégicas propuestas, se pretende perfilar una estrategia de seguimiento de indicadores a través de un sistema de información que permita visualizar el desarrollo de las métricas establecidas para un departamento de la empresa Minera, y apoyará al monitoreo de la productividad

lográndose una vinculación entre las actividades del personal y los objetivos de la empresa.

7 Bibliografía

1. Drucker, P., *Gerencia para el Futuro* (1994)
2. Kaplan, R., Norton, D. *Mapas Estratégicos: Convirtiendo los activos intangibles en resultados tangibles* (2004)
3. Johnson, S. D. Application of the balanced scorecard approach. *Corporate Environmental Strategy*, 5, 34–36 (2008)
4. Kaplan, R. S., & Norton, D. P. *The balanced scorecard*. Boston: Harvard Business School Press (1996)
5. Ballvé, A., *Cuadro de Mando: Organizando información para crear valor* (2006)

Optimización de Colonia de Hormigas para resolver el problema de Distribución en Planta

Luis Felipe Romero Dessens, José Alberto González Anaya y Luis Manuel Lozano Cota

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México
lromero@industrial.uson.mx; togeth@navojoa.uson.mx;
mlozano@navojoa.uson.mx

Resumen. En el presente artículo se muestra el trabajo de investigación realizado con el objetivo de analizar y diseñar la distribución en planta de una empresa con un ambiente de fabricación de productos múltiples utilizando el método metaheurística de optimización de colonia de hormigas (ACO, Ant Colony Optimization), debido a la dificultad de encontrar una solución eficiente a dicho problema, el cual puede clasificarse como NP-duro.

Palabras clave: Metaheurística, Optimización de Colonia de Hormigas, NP-Duro, Distribución en Planta.

1 Introducción

En la actualidad, existe una gran cantidad y variedad de retos con los que las empresas se topan día a día para sobresalir en el mercado, teniendo la necesidad y finalidad de encontrar soluciones óptimas y viables a los problemas con los que se enfrentan. Por lo que es de suma importancia la aplicación de técnicas eficientes y flexibles para localizar una solución factible. Uno de estos grandes problemas que por su complejidad pueden llegar a catalogarse como Np-duros (problemas que no pueden ser resueltos en un tiempo polinomial relativamente corto), es la dificultad que confiere el encontrar una distribución en planta que sea eficiente. De igual manera, es elemental considerar que el tipo de distribución en planta dependerá de las necesidades y capacidades de la empresa, como lo son el enfoque económico, dimensional y tecnológico.

2 Marco Teórico

2.1 Distribución en planta

La distribución en planta es aplicable a todos aquellos eventos en donde es necesaria la disposición de unos medios físicos en un espacio determinado, esté prefijado o no, sea de procesos industriales o de servicios, por lo que en muchas ocasiones representa un problema complejo, y es preciso conocer las características principales y determinadas del proceso, de los equipos y de los materiales, además de la aplicación de las metodologías de distribución y optimización [1].

Es natural que no impere un método o procedimiento automático para el diseño de distribución en planta, pero es necesario un camino base a seguir, en donde el más conocido y empleado es el Systematic Layout Planning (SLP) [2].

Desde luego, existen diferentes metodologías según su enfoque para la elaboración de la distribución a partir del procedimiento SLP, los cuales son Santamarina (1995):

- Por la forma de generar la solución:
- Por la técnica utilizada en la ubicación de las actividades:
- Por la naturaleza de la función objetivo:
- Por la técnica empleada en resolver el problema (métodos óptimos o exactos, métodos heurísticos y metaheurísticos).

Cabe mencionar que para optimizar la distribución en planta es preciso formular la función objetivo en base a que es lo que se va a producir, cuanto y en que tiempo.

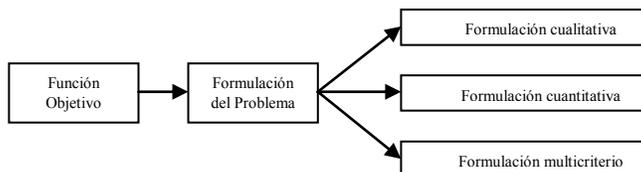


Fig. 1. Clasificación de los modelos de formulación según la naturaleza de la función objetivo [1]

2.2 Algoritmo de hormigas para resolver el problema de optimización

En los actuales procesos de optimización de distribución en planta, suelen encontrarse funciones complejas con diversos objetivos y muchas condiciones, más aún, si la empresa tiene una gran variedad de productos y de máquinas, por lo que la obtención de una eficiente distribución se vuelve tan complicada que puede llegar a clasificarse como un problema NP-duro. Dada la complejidad y la limitación en cuanto al tiempo de ejecución de los métodos de optimización y heurísticos se descartan para la solución de un problema NP-duro, quedando como mejor opción los métodos metaheurísticos [3]. Los procedimientos Metaheurísticos son una clase de métodos aproximados que están

diseñados para resolver problemas difíciles de optimización combinatoria, en los que los heurísticos clásicos no son efectivos. [4].

Las hormigas han inspirado una serie de técnicas metaheurísticas entre las cuales el más exitoso es la técnica de optimización de colonia de hormigas (ACO, Ant Colony Optimization). En ACO se busca asignar los recursos computacionales a una serie de agentes (hormigas artificiales) relativamente sencillos que se comunican por medio de una feromona artificial, encontrando buenas soluciones debido a la cooperación de los agentes [5]. Destacando que el modo de operación genérico de un algoritmo ACO incluye dos pasos anexos a las hormigas reales: la evaporación de los rastros de feromona y las acciones del demonio [3].

3 Descripción del Problema

La empresa sujeto de estudio se ubica en Nogales, Sonora, México. Actualmente trabaja dos turnos y cuenta con alrededor de 700 empleados, dedicándose a la fabricación y distribución de una gran variedad de productos para todas las necesidades de seguridad, por lo que cuenta con varias celdas de manufactura y cada una de ellas cuenta con tres o más estaciones de trabajo y maquinaria especializada para fabricar diferentes tipos de productos.

Debido a la creciente demanda de nuevos productos, la organización se ve en la necesidad de realizar varios y continuos cambios en su distribución y, en la cantidad y diseño de las estaciones de trabajo, además de que los cambios no deben de afectar el cumplimiento con la demanda de los productos ya establecidos.

La distribución en planta actual es eficaz pues se cumple con los niveles de producción, pero, debido a las características mencionadas con anterioridad, cada vez es más difícil para la empresa mantener un eficiente flujo de materiales, por lo que es primordial que cuente con una técnica con las características indicadas con antelación para poder elevar el rendimiento del sistema productivo solucionando o minimizando los problemas referentes a la distribución en planta llevándola a una mejora continua.

4 Desarrollo de la solución

El modo de operación básico de un algoritmo de optimización de colonia de hormigas ACO, es [3].

Inicio (función objetivo): Tratamiento de los valores de los parámetros que se van a considerar para diseñar el algoritmo ACO.

Construcción de una solución por la hormiga k: Se inicia con una solución parcial vacía, que se extiende a cada paso añadiéndole un componente de solución factible elegido entre los vecinos de la solución actual.

Actualización del rastro: Se especifica el estado inicial desde que la hormiga empieza su camino y almacena la componente correspondiente a la memoria de la hormiga

anterior, después puede comenzarse una nueva iteración. El resultado final es la mejor solución encontrada a lo largo de todas las iteraciones realizadas.

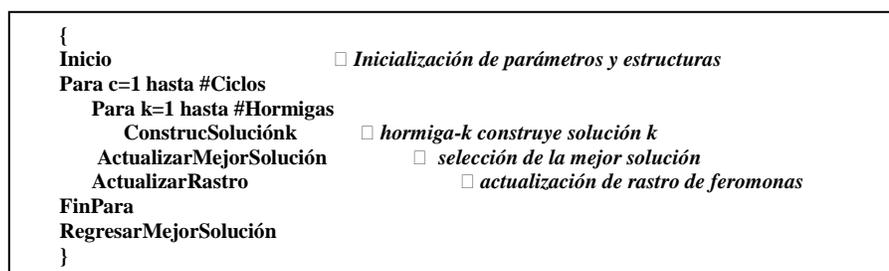


Fig. 2. Pasos fundamentales de operación de la técnica ACO [3]

5 Resultados

Los resultados que se obtengan reflejarán la capacidad y la limitación de la metodología y del modelo en particular para encontrar una solución plausible del problema de distribución en planta para una empresa en ambientes de fabricación con productos múltiples.

6 Conclusiones

La técnica ACO con una perfecta manipulación puede convertirse en una regla incondicional para la obtención de la mejor distribución en planta posible para cada uno de los escenarios que se pudieran presentar.

Durante el proceso de obtención del modelo, se podrá observar el impacto de los parámetros seleccionados y de sus valores en el algoritmo y con ello, determinar cuáles conducen a resultados más eficientes, obviamente dependiendo del enfoque de la formulación y con el debido cuidado en la introducción de datos. Además, será completamente necesario comparar o comprobar la eficacia de la distribución en planta obtenida, ya sea mediante su aplicación física o con el uso de la simulación.

Con la distribución planteada por el algoritmo se espera que el flujo de materiales sea más eficiente, pudiéndose reducir el tiempo de ciclo de producción y con ello aumentar la productividad y por lo tanto, se podrá responder de una manera más eficiente y eficaz a la demanda que se presente.

7 Referencias

1. Contreras, R.: Modelo de optimización en la generación de plantas industriales, considerando las actividades de mantenimiento y las condiciones ambientales mediante el uso de la metodología de los algoritmos genéticos. Tesis para optar el título de doctor. *Universidad Politécnica de Valencia*, 81-281, (2010).
2. Vallhonrat J.; Cormonias A.: Localización, distribución en planta y manutención. *Marcombo*, 51-53, (1991).
3. Dorzán, M.; Gagliardi, E.; Leguizamón, M.; Taranilla, M.: Algoritmos ACO aplicados a problemas geométricos de optimización. *Proyecto UPM AL09-PAC-12 y Proyecto Tecnologías Avanzadas de Bases de Datos Universidad Nacional de San Luis*, Argentina, 1-2, (2009).
4. Martí R.: Procedimientos metaheurísticos en optimización combinatoria. *Universidad de Valencia*. Departament d'Estadística i Investigació Operativa. Facultat de Matemàtiques, 2-9, (2003).
5. Mateos, A.: Algoritmos evolutivos y algoritmos genéticos. *Universidad Carlos III de Madrid*. Inteligencia en redes de comunicaciones. Ingeniería de telecomunicación, 9-10, (2004).

Caracterización de la Utilización de Conceptos de Lean Manufacturing en Diseño

René Cárdenas Beltrán¹, Germán Alonso Ruiz Domínguez¹, Sergio Rodrigo Amparán Martínez²

[1]Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo

[2] Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Hermosillo
renecb17@hotmail.com, gr Ruiz@ith.mx, s_amparan@yahoo.com

Abstract. El objetivo de esta investigación es que las empresas que manejan diseño para la manufactura incorporen una nueva estructura preponderante para sus estrategias de acción. La metodología que se presenta pretende implementar una serie de herramientas para detectar e implementar oportunidades de mejora en gestión de diseño. La metodología a aplicar se dividirá en secciones de estudio como lo son el diagnóstico integral, asesoría y apoyo, seguimiento, evaluación y de ser necesario una reformulación de la estrategia, las cuales darán como resultado un cambio significativo en las etapas de planeación, organización, proceso y producto a desarrollar.

Keywords: *Lean Manufacturing*, Metal-Mecánica, Diseño y Desarrollo de Productos, Ingeniería Concurrente, PyMES, Competitividad

1 Introducción

En la actualidad el desarrollo del entorno de competitividad empresarial, obliga a la búsqueda de nuevos métodos de diseño y desarrollo de productos, que permitan maximizar el valor del mismo, así como también, que permitan disminuir su ciclo de diseño y desarrollo [1]. Es por esto, que las empresas dedicadas al ramo metal-mecánico deben realizar un cambio en sus esquemas tradicionales sobre el diseño y desarrollo de productos, manera que lo anterior, genere un impacto directo sobre su competitividad, creando así productos en menor tiempo, con menor costo y mayor calidad.

Lo anterior exige procesos que puedan adaptarse rápidamente a la demanda, por lo que las empresas deben ser capaces de iniciar la fabricación de un producto en el mismo momento en que reciben el pedido del cliente. Para conseguirlo, es preciso tener un plazo de fabricación muy corto, lo cual requiere del uso de técnicas para manejar los recursos, así como habilidades de las personas que los manejan.

2 Problemática de las pequeñas y medianas empresas

En la última década la Organización Mundial de Comercio reconoce un creciente papel que desempeñan las Pequeñas y Medianas empresas (PYMES) en México en la creación de empleos y en la promoción del crecimiento del desarrollo [2]. Debido a la poca cantidad de empleados o a la falta de una estructura formal de producción las empresas PYMES no han podido desarrollar o adoptar una metodología de diseño para sus productos.

Al realizar un análisis del panorama de la región, identificamos deficiencias en algunas empresas PYMES del ramo metal-mecánico en el área de diseño y desarrollo de productos, esto debido a la falta de una metodología formal sobre algunos de los procesos en diferentes etapas sobre la creación de un producto. Por lo que los clientes de dichas empresas demandan características sobre los proveedores que los abastecerán, y al no cumplirlas en su totalidad, deben mutar para ser más competitivas y permanecer en el mercado.

Hemos identificado que el sector metal-mecánico en la región es uno de los ramos que más captación de ingresos tiene, debido a la alza de empresas maquiladoras en los últimos años. Gracias a ésto, han nacido muchas empresas del ramo en base a la creciente necesidad de estas grandes empresas, por lo que el diseño y desarrollo de los diferentes productos maquinados que se requieren, han sido abastecidos por estas nuevas empresas que trabajan en base a la necesidad de sus clientes. Debido a diversos factores como la cantidad y el tiempo, las empresas no tuvieron tiempo de desarrollar o apropiarse de metodologías que ayudaran a realizar sus actividades de una manera más eficiente, que generara menores costos de fabricación, menor tiempo de trabajo y una mejor calidad. Los factores anteriores impactan de gran manera tanto en el proceso de fabricación, como en las inversiones de dichas empresas.

Por tanto, es importante el desarrollo de una metodología del diseño y desarrollo de productos, que optimice muchos de los aspectos del proceso, así como poder implementarla en empresas de dicho ramo en sus diferentes niveles tecnológicos y diversas dimensiones.

3 Desarrollo de una nueva metodología

En la investigación a desarrollar, se detallará un proyecto real de aplicación de herramientas *Lean Manufacturing* a la nueva metodología de diseño y desarrollo de productos en casos de aplicación reales en la región, y de esta manera realizar una metodología aplicable a las empresas del ramo metal-mecánico, deseando una mejora importante en cada una de ellas.

Los casos de aplicación serán escogidos mediante una de bases de datos de pequeñas y medianas empresas (PyMES) del ramo metalmeccánica de la región. Como último paso se llevará a cabo la aplicación de la nueva metodología, y de esta manera, realizar una

evaluación de si es factible la aplicación de la nueva metodología para cada caso en específico. La figura 1 muestra la metodología probable a evaluar en los casos de estudio.

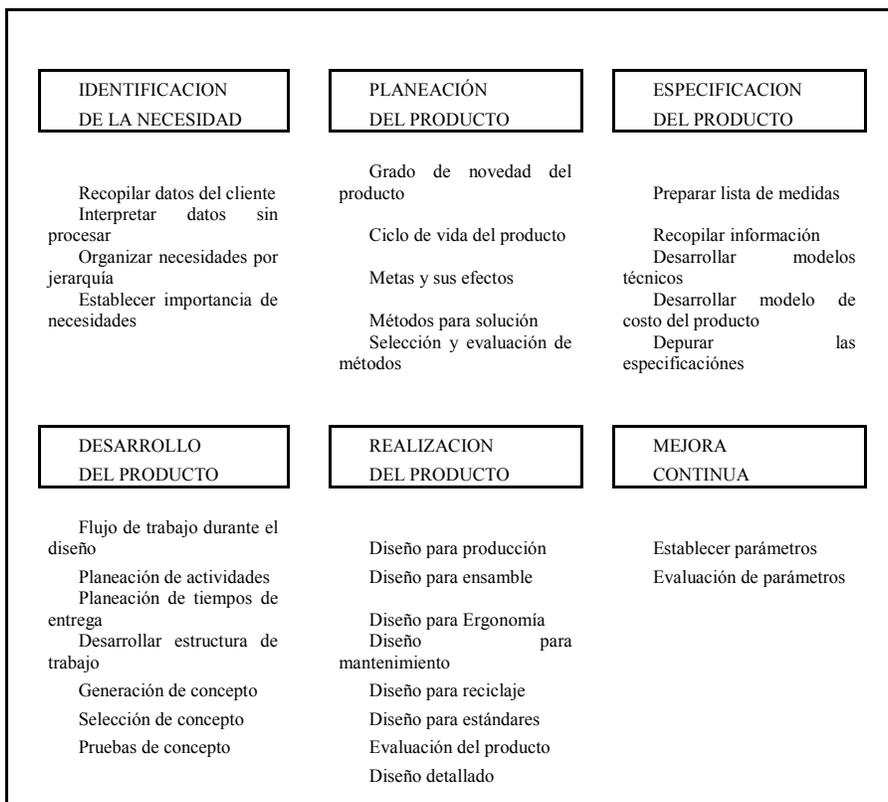


Fig. 1. Metodología de diseño y desarrollo de producto.

De igual manera, la figura 2 muestra las herramientas de *Lean Manufacturing* que ayudarán a que la metodología sea de mayor eficiencia, así como de un ambiente de manufactura esbelta. Se detallan las etapas de cada herramienta, y el cómo medir la efectividad de las mismas.

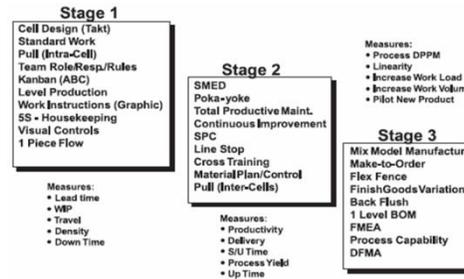


Fig. 2. Principios de *Lean Manufacturing* (pag 15 [3])

4 Conclusión

Podemos concluir que con la aplicación de esta investigación se pretende apoyar y potenciar al sector de la pequeña y mediana empresa a través de la metodología planteada como herramienta de competitividad y el aumento de valor agregado a la gestión de productos. Como parte fundamental de la aplicación de esta metodología en las empresas es la participación de los directivos, ya que en ella se puede crear una estrategia empresarial más sólida para la competencia de sus productos ya que serían respaldados por un proceso más fuerte que a su vez se traduce en mejor calidad de los productos y mayor satisfacción del cliente.

5 Bibliografía

1. Aguayo González, F., Soltero Sánchez, V.M., *Metodología del diseño industrial, Un enfoque de ingeniería concurrente*, Alfaomega, 1ra edición, México, D.F. (2003),
2. Castaño Garza, R. Creación de PyMES: Objetivo Emprendedor, *Ingenierías*, Vol III, No 9, (2000)
3. Feld, W, *Lean Manufacturing, tools techniques and how to use them*, St Lucie Press St Louis, New York, USA. (2001)

Propuesta de una estrategia de mantenimiento utilizando Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

Angeles Magaña Barajas y Guillermo Cuamea Cruz

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México
angeles.magana@gmail.com; gcuamea@industrial.uson.mx

Resumen. El establecimiento de programas de mantenimiento demanda un mayor compromiso para el cumplimiento de los cambios en los sistemas productivos, así como el desarrollo de diferentes herramientas que lo apoyen. El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), fue presentado para apoyar la toma de decisiones en la selección de los trabajos de mantenimiento, basado en la aplicación de una secuencia de tareas. En este estudio se presenta el concepto del MCC y un análisis sobre casos de aplicación que son considerados para una propuesta en un proyecto de ingeniería real en la industria de generación eléctrica.

Palabras clave: Mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC), Análisis de modo y efecto de falla (AMEF).

1 Introducción

El MCC consiste en una técnica que apoya el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo, basado en tareas programadas en condiciones regulares o en la sustitución de las partes para garantizar la fiabilidad de los equipos [1]. La elección de la mejor estrategia de mantenimiento es uno de los principales puntos del MCC, siendo su objetivo reducir los recursos destinados al mantenimiento [2], centrándose en las funciones más importantes del sistema y evitar o eliminar acciones de mantenimiento que no sean estrictamente necesarias [3].

El MCC fue desarrollado por la Asociación de Transporte Aéreo, Asociación de Fabricantes Aeroespaciales y la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos de América [4], siendo una metodología reconocida ampliamente que ha estado disponible en la industria por más de 30 años [3] en varios campos tales como plantas de acero, la aviación, la red de trenes y en mantenimientos de barcos [5].

El propósito del presente trabajo es realizar una revisión a esta metodología describiendo sus antecedentes, abordando casos de aplicación presentados por varios autores y definiendo sus principales características. Por último se ilustra una propuesta

para la aplicación de esta metodología en un caso de la industria de generación de energía eléctrica.

2 Antecedentes del MCC y Casos de Aplicación

El MCC es un enfoque de mejora industrial centrado en la identificación y el establecimiento de la operación, mantenimiento y políticas de mejoras que gestionan los riesgos de fallas en los equipos con mayor eficacia, permitiendo un régimen de mantenimiento completo [4].

Diversos estudios se han realizado en torno al MCC, varios casos son presentados en este apartado con la finalidad de analizar los métodos propuestos por cada uno de los autores. La tabla 1 muestra cada uno de los casos de aplicación, en la columna izquierda se muestran las preguntas que el MCC intenta resolver, mientras que en la fila superior se enlistan los casos presentados por varios autores, indicado los métodos y herramientas empleados para dar solución a cada una de las preguntas.

Tabla 1. Matriz comparativa de casos de estudio

Casos aplicación Preguntas MCC	Deshpande y Modak (2002)	Dacheing y Jinji (2010)	Gang et al, (2010)	Carazas et al, (2010)
	Estrategias y herramientas utilizadas			
¿Cuáles son las funciones?	DFP, PMA, HC	DFP	AMEF	AF, MA
¿De qué manera puede fallar?	HC	AMEF	AMEF	AMEF
¿Cuál es la causa de la falla?		RHF	AMEF	AMEF
¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?		RHF	AMEF	
¿En qué sentido cada falla es importante?	AD, HC	MANC, AAF		CF-SB, ACR: AAF
¿Qué se puede hacer para prevenir cada falla?	AD, HC	RM	MBC, FD- RN	F- DW D- SMC
¿Qué debe hacerse si no se puede encontrar una tarea preventiva adecuada?		PRP		
Descripción de herramientas de aplicación				
PMA: Programas de mantenimiento actuales HC: Hoja de cálculo AD: Árbol de decisión DFP: Diagrama de flujo del proceso AMEF: Análisis de modos y efectos de fallas RHF: Registros históricos de fallas MANC: Matriz de asignación de nivel critico		PRP: Programa retroalimentación personal MBC: Mantenimiento basado en la condición FD-RN: Fusión de datos redes neuronales AR: árbol funcional ACR: Análisis de causa raíz F-DW: Fiabilidad con distribución de		

AAF: Árbol de análisis de falla RM: Mantenimiento radical	Weibull D-SM: Disponibilidad con simulación Monte Carlo
--------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------

Estudios presentados en el 2002, aplicaron el concepto de MCC a una industria de acero. El sistema comprende varios subsistemas a los cuales se identificaron sus funciones y fallas, con asignación del nivel crítico de cada modo de falla, estableciendo una correlación de los modos de falla con las tareas de mantenimiento. Este estudio reveló que la frecuencia de las tareas de mantenimiento se puede mantener o incluso disminuir, basado en la asignación de prioridades funcionales [6].

Un caso de ingeniería realizado en la industria petroquímica, se desarrollo con la aplicación del MCC considerando el mantenimiento radical. Los resultados de la aplicación se presentan mediante el establecimiento de los criterios de evaluación y matrices para determinar los componentes críticos, apoyados en la elaboración de un árbol de fallas [7].

En el 2010 se realiza una investigación para la evaluación de la fiabilidad y la disponibilidad de un recuperador de calor del generador de vapor [1]. Al igual que [7] se apoyan en el desarrollo del AMEF y en la elaboración de un árbol de fallas, sin embargo, para el análisis de fiabilidad se basaron en el tiempo medio de falla y el tiempo medio de reparación, representados por dos parámetros de distribución de Weibull y la disponibilidad del sistema, fue estimado aplicando el método de simulación Monte Carlo [1].

El desarrolló de un sistema de Mantenimiento Basado en la Condición (MBC) [8] integra la estrategia de fusión de datos aplicando redes neuronales siguiendo la arquitectura de la gestión del MCC. Usando la estrategia de fusión de datos aumenta la precisión de mantenimiento, mientras que con el MBC evita tareas innecesarias de mantenimiento mediante la adopción de acciones sólo cuando hay pruebas de comportamientos anormales de un activo físico con los beneficios de costo.

3 Descripción del Problema

La presente investigación propone implementar una metodología para la aplicación del MCC en una central eléctrica. Las fallas en el proceso de producción de energía eléctrica pueden provocar pérdidas económicas, peligro para los operadores e inconvenientes para los usuarios, por tal motivo, la necesidad de desarrollar un programa de mantenimiento enfocado a la predicción de fallas es fundamental.

4 Metodología basada en MCC

El objeto del presente es mostrar una metodología para obtener una estrategia de mantenimiento adecuado a una central eléctrica. El proceso consta de tres fases. La

primera fase la integran la recopilación de información, después se analiza la situación actual del sistema describiendo el proceso general de producción y por último y se selecciona el equipo que estará bajo análisis del MCC.

La segunda fase esta direccionada al equipo importante en donde se incluye el desarrollo de un AMEF, el cual permite identificar las funciones del equipo, el modo de falla, las causas y efecto de las mismas, y finaliza con el análisis de los componentes críticos que tiene por objetivo clasificar los riesgos como alto, medio o bajo. Los riesgos clasificados como alto y medio, continúan con análisis para identificar las variables asociadas a la falla. Y por último, la tercera fase corresponde a la selección de la estrategia de mantenimiento, con el apoyo de un árbol de decisión. la posición deseada.

5 Resultados

Se ha aplicado la primera fase de la metodología propuesta, iniciando con la descripción del proceso de generación en la central eléctrica bajo estudio, y se identificó que los componentes formados por tuberías del generador de vapor representan el 31% de la totalidad de fallas presentadas. La etapa de análisis de fallas sigue en proceso con la creación del AMEF, y posteriormente se pretende continuar con la conformación del plan de mejora de mantenimiento.

6 Conclusiones

El MCC ha demostrado ser una alternativa para identificar las actividades encaminadas al mantenimiento de los sistemas. La propuesta realizada para una central eléctrica pretende reducir el número de paros repentinos por tiempos indefinidos, permitiendo asegurar el suministro al Sistema Eléctrico Nacional y reducir el desgaste de la vida útil de los equipos.

7 Referencias

1. Carazas F.J.G., Salazar C.H., Souza G.F.M. Availability analysis of heat recovery steam generators used in thermal power plants. *Energy* XXX, 1-16 (2010).
2. Randall G. W., Usrey M.W. RCM: a case study. *Engineering Management Journal*, 71, 159-164 (2000).
3. Rausand M. Reliability centered maintenance. *Reliability Engineering and System Safety* 60, 121 – 132 (1998)
4. Selvik J.T. and Aven T. A framework for reliability and risk centered maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*, 96, 324-331 (2011).

5. Zhonghua C., Xisheng J., Ping G., Su Wua, Jianzhao W. A framework for intelligent reliability centered maintenance analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, 93, 784–792 (2007).
6. Deshpande V.S., Modak J.P. Application of RCM for safety considerations in a steel plant. *Reliability Engineering and System Safety* 78, 325–334 (2002).
7. Dacheng L., Jinji G. Study and application of Reliability-centered Maintenance considering Radical Maintenance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 23, 622-629 (2010).
8. Gang N., Bo-SukYang y Pecht M. Development of an optimized condition-based maintenance system by data fusion and reliability-centered maintenance. *Reliability Engineering and System Safety* 95, 786–796 (2007).

Rediseño de Sistema Productivo Mediante Técnicas de Mapeo

Luis Felipe Romero, Zuhara Ivette Chávez

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
lromero@industrial.uson.mx; zuharachavez@hotmail.com

Resumen. Investigadores y profesionales han encontrado que el enfocarse en el mapeo del valor es un punto clave. Varias herramientas de mapeo se han utilizado para mejorar y rediseñar los sistemas de manufactura permitiéndoles ser más competitivos, flexibles y eficientes para hacer frente a los desafíos del mercado económico en su entorno de fabricación. Este presenta un análisis de las técnicas de mapeo conocidas destacando sus ventajas y limitaciones y su posible aplicación en un entorno de trabajo, es producto de una investigación en una empresa de manufactura de la industria.

Palabras clave: VSM, los sistemas de fabricación, re-ingeniería.

1 Introducción

En la actualidad las empresas deben responder rápidamente a las demandas variables de los mercados con cambios de los diseños de los productos o con productos totalmente nuevos, en tiempos cada vez menores, requiriendo flexibilidad en los sistemas productivos. El sistema de manufactura implica la fabricación de productos que satisfagan a los clientes, en las fechas y términos estipulados con la calidad requerida y bajo principios de racionalización, de minimización de costos y maximización de utilidades.

Este documento es parte de una investigación en curso para dar solución a una problemática de la industria médica, el cual se centra en el análisis de técnicas de mapeo en los sistemas de fabricación. Un vacío existente en la revisión de la literatura ha sido identificado, donde se requiere un marco de referencia que pueda ser utilizado como herramienta de apoyo al mapeo común para decidir cuál es la técnica más adecuada para el entorno de fabricación en el que el estudio va a ser desarrollado.

2 Marco Teórico

Law and Mak [1] resaltan la necesidad de una herramienta efectiva para poder desarrollar

un sistema de manufactura o para modificar un sistema existente para cumplir con un requerimiento en específico en un tiempo y costo razonable.

Hay muchas herramientas para rediseño y mejora así como métodos que se han utilizado para evaluar los sistemas productivos y ayudar a la gente de producción a acelerar el ajuste de cambios, y hacer que los flujos de materiales e información sean más ágiles [2], entre ellos encontramos: el mapeo de procesos basados en mapas de flujo, IDEFO, GRAI, modelado de flujos de materiales e información y el software de simulación.; cuyas características han sido evaluadas y analizadas, pero se han encontrado ser demasiado genéricas, no funcionan tan bien para el modelado de sistemas de manufactura, no le dan el valor y la importancia a los datos numéricos y en el caso de este último mencionado, son altos los recursos de aplicación que implica: formación, tiempo y esfuerzo, haciéndolo no tan aplicado por la mayoría de empresas, aun teniendo un carácter cuantitativo, gran reducción de riesgos y beneficios potenciales a generar.

VSM ha sido definido por Rother y Shook [3] como una herramienta de gran alcance que no sólo pone de manifiesto las ineficiencias del proceso, los desajustes de transacción y comunicación sino que también proporciona guías para mejorar y rediseñar los sistemas de manufactura.

Hines y Rich estudian, y presentan en términos de los siete desperdicios que son comúnmente aceptados para el sistema de producción Toyota (sobreproducción, espera, transporte, procesamiento inadecuado, inventario innecesario, movimiento innecesario, defectos) [4], las siguientes herramientas: mapeo de actividades de proceso, matriz de respuesta de la cadena de suministros, embudo de variedad de producción, mapeo de filtro de calidad, mapeo de amplificación de demanda, análisis de punto de decisión, estructura física (a) volumen (b) valor.

Value Stream Mapping (VSM) es una técnica relativamente reciente que da respuesta a las necesidades expresadas por los fabricantes con el fin de desarrollar cadenas de valor más competitivas, eficientes y flexibles, con los que pueden resolver las dificultades económicas que los cambios en el mercado les generan[5].

A pesar de casos de estudio que han sido de éxito, así como de aplicaciones en distintos contextos se han generado variantes de la técnica original de VSM, entre las que encontramos al Mapeo macro a la cadena de valor (VSMM por sus siglas en inglés) y Mapeo de red a la cadena de valor (VNM por sus siglas en inglés).El hecho de que estas herramientas tengan la característica de ser visuales, facilita el proceso de implementar y poner en práctica la manufactura esbelta [6].En la aplicación de VSM, los residuos se identifican a un alto nivel a lo largo de la cadena de valor así como todos aquellos elementos que prohíben o dificultan el flujo, en la forma de inventario (materias primas, productos en proceso (WIP) y productos terminados). El mapa de estado futuro constituye la base para planes de ejecución con iniciativas de mejora enfocada [7].VSM ha sido adoptado y desarrollado para situaciones de plantas con características complejas [8] - [9] en el que la demanda es variante, el número de referencias es muy diversa y difícil de agrupar, hay muchos procesos, muchos de los cuales son compartidos con otras familias y por lo tanto, la integración de los flujos llega a ser complicada, por lo tanto se dificulta la ejecución y modelado del mapeo.

VSM es capaz de mapear la red completa de los flujos en la cadena de valor que corresponde a un producto complejo, es desarrollado para eliminar las limitaciones de la metodología tradicional de VSM, cuando tenemos múltiples flujos de productos con listas de materiales complejas y varios niveles de ensamble.

3 Contexto predominante actual y problemática.

Muchas organizaciones en su afán de adoptar la manufactura esbelta, enfrentan obstáculos mayores cuando ven la necesidad de mapear manualmente y analizar los caminos que siguen los flujos de entre 100 a 5,000 o más rutas diferentes siendo producidas en un entorno de manufactura por órdenes o personalizada [11]. De acuerdo con la literatura analizada se observa que antes de mapear y elegir una herramienta específica para aplicar se deben definir características como: la complejidad de la lista de materiales, los niveles de ensamble, el número de procesos, estrategias de producción o de esquema, el tipo de negocio y la demanda a fin de obtener el mayor beneficio posible y no truncar esfuerzos. La organización que es analizada para la presente investigación no ha realizado estudio previo alguno para evaluar la eficiencia de los cambios a realizar en su sistema productivo ante las transferencias de productos hacia dentro y fuera de la planta, por lo tanto los cambios que se han dado a raíz del surgimiento de nuevas transferencias no se han adecuados al sistema productivo, de modo que la productividad no se vea impactada de forma negativa y se siga cumpliendo en tiempo y forma con los requerimientos de los clientes.

4 Conclusiones

VNM muestra tener un enfoque que parece ser el más adecuado para el contexto que vemos ahora es predominante en las estructuras de las empresas y en sus estrategias de producción, que es un entorno de trabajo más semejante a un proyecto que a producción en serie. De entre las herramientas analizadas destacan las siguientes ineficiencias:

- Falta incluir información sobre el tamaño del lote de producción, tiempo de ciclo, la secuencia de trabajo y el trabajo en proceso entre cada proceso debido a las demoras y tiempos de espera, para un mejor diseño del mapa de estado futuro.
- No se consideran las limitaciones de capacidad del sistema cuando varios ensambles requieren utilizar la capacidad de un proceso por ser compartido.
- Se carece de un análisis detallado de los sistemas de manejo de materiales y conexión entre distintos procesos.

En el caso de aplicación de la investigación en curso, se pretende proponer un rediseño del sistema productivo que permita reducir el tiempo que le toma a una pieza moverse a través del proceso, reducir las distancias de transporte de material en proceso, establecer un ritmo de producción para cada uno de los productos de las familias estudiadas y hacer una integración entre los flujos de las diferentes familias, así como hacer una contribución académica a las herramientas de mapeo, trabajando en atacar las ineficiencias mencionadas con anterioridad referentes a capacidad y manejo de materiales.

5 Bibliografía

1. H. Lau and K. Mak, "The design of flexible manufacturing using an extended unified framework". *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 15 (3), 2004, pp. 222-238.
2. I. Serrano, C. Ochoa, R. De Castro, "An evaluation of the value stream mapping tool". *Business Process Management Journal* Vol. 14 (1), 2008, pp. 39-52. 3
3. M. Rother and J. Shook, *Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate Muda*, Massachusetts, EEUU: Lean Enterprise Institute, 1998.
4. P. Hines and N. Rich, "The seven value stream mapping tools", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17, 1997, pp. 146-64.
5. I. Serrano, "Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos", Ph.D. Thesis, Dept. D'organització, Gestió empresarial i Disseny de producte, Universitat de Girona, España 2007.
6. Z. N. Khaswala and S.A. Irani, "Value Network Mapping (VNM): Visualization and Analysis of Multiple Flows in Value Stream Maps. Proceedings of the Lean Management Solutions Conference. St. Louis, MO, 2001.
7. D. V. Goubergen and H. V. Landeghem, "Using value stream mapping to Redesign Engineering Project work". Virginia Polytechnic Institute and State University. Van Goubergen P&M gcv, 2005.
8. K.J. Duggan, *Creating mixed model value streams, Practical lean techniques for building to demand*. Nueva York, EEUU: productivity Press, 2002.
9. M. Braglia, G. Carmignani, and F. Zammori, "A new value stream mapping approach for complex production systems". *International Journal for Production Research*. Vol. 44 (18 – 19), 2006, pp. 3929 – 3952.
10. P.S. Fontanini, F.A. Picchi, "Value stream macro mapping- A case Study of aluminum Windows for construction supply chain". Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-12), Elsinore, Denmark, 2004.
11. A. I., Shahrukh, "Value Stream Mapping in Custom Manufacturing and Assembly". *The Ohio Manufacturer*, Num. 9, 2000, pp. 12-13.

Uso del Análisis de Elemento Finito en la Detección de Desórdenes de Trauma Acumulado

Aniayareli Montoya Sánchez, Enrique de la Vega Bustillos

Instituto Tecnológico de Hermosillo. Hermosillo Sonora, México
a_montoya7@hotmail.com, en_vega@ith.mx

Abstract. Resumen. En la actualidad los trabajadores se ven obligados a realizar sus actividades en equipos y estaciones de trabajo no adecuados, lo que ocasiona que estén en riesgo de sufrir lesiones del tipo trauma acumulativo. Para proteger a los trabajadores de éste tipo de lesiones es necesario que se realice una evaluación de los equipos y las estaciones utilizadas, pero los métodos tradicionales no han sido del todo eficientes, por lo que el objetivo de esta investigación es determinar las magnitudes de los esfuerzos realizados en las extremidades superiores a lo largo de la jornada de trabajo, cuando se efectúan esfuerzos debidos al trabajo repetitivo (esfuerzo por fatiga), esfuerzos repentinos y los ocasionados por las malas posturas. Este cálculo se realiza por medio del Análisis de Elemento Finito (FEA), el cual nos permite estudiar las magnitudes del esfuerzo que contribuyen a la aparición de fatiga y por consiguiente de DTA'S.

Palabras clave. DTA'S, trabajo repetitivo, mala postura, esfuerzo, análisis de elemento finito.

1 Introducción

En la actualidad existen diversos problemas dentro de la industria relacionados con la falta de ergonomía en las estaciones de trabajo, especialmente en la industria manufacturera, tan solo en México ocurren alrededor de 414, 860 accidentes laborales a causa de diversas lesiones en las diferentes partes del cuerpo, de las cuales se desprende un número de 101, 155 lesiones originadas solo en las muñecas y manos durante el trabajo (División de Información en Salud, 2008).

Los desórdenes de trauma acumulado (DTA'S) en los trabajadores, son cada vez más frecuentes, sobre todo si nos referimos a los generados en la sección de las extremidades superiores como las manos y muñecas; durante el 2008 en México se registraron 45, 754 DTA'S, mientras que en el 2007 solo se registraron 42, 294 (División de Información en Salud, 2008).

Los orígenes de los problemas en la Industria manufacturera de nuestro país, radican en que la mayoría de la maquinaria con la que se trabaja es comprada a empresas extranjeras

(INEGI, 2002), que diseñan sus equipos para cubrir las necesidades de poblaciones con diferentes características antropométricas a las nuestras. Lo que ha ocasionado que los mexicanos que trabajan en la industria realicen actividades en equipos o estaciones de trabajo que no son adecuadas para ellos.

En ocasiones, los procesos de fabricación además de no poseer las características antropométricas necesarias y no diseñarse de manera óptima, tampoco se efectúan en los tiempos ideales; lo que quiere decir que al incrementar el número de actividades en un proceso industrial los trabajadores deben efectuar el mismo trabajo que realizaban más un extra de actividades en una jornada normal, o elaborar el trabajo adicional en un tiempo extra, esto se ve reflejado en las estadísticas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2005), que indican que en el año 2005 en México se laboraron 1,848 horas extras. De algún modo, lo anterior explica el incremento en el número de accidentes en las empresas, debido a que los trabajadores pasan mayor tiempo en la empresa y por lo tanto tienen un tiempo mayor de exposición a los riesgos de trabajo y a su vez quedan expuestos a sufrir lesiones con mayor facilidad debido a los niveles altos de fatiga que pueden llegar a alcanzar en una jornada laboral normal y se incrementa aún más si hablamos de una jornada extraordinaria. Y finalmente cada lesión, sobre todo si esta produce una incapacidad temporal o permanente, tiene como resultado un aumento en los costos, cuando lo que se buscaba en un inicio era la disminución de los mismos.

La fatiga física, está relacionada con la carga de trabajo, y se define como “la disminución de la capacidad física del individuo después de haber realizado un trabajo durante un tiempo determinado, es decir, es fruto de una carga de trabajo excesiva” (Llaneza Álvarez, 2008).

Si a la carga de trabajo aunamos la combinación de la repetitividad, esfuerzos y malas posturas, que según (Hudock&Keran, 1992) apoyado por TheNationalInstituteForOccupational Safety and Health (NIOSH) son las causas principales que determinan la aparición de los Desórdenes Trauma Acumulado o DTA'S.

Es por eso que al determinar el valor de los esfuerzos que estos tres factores producen en los individuos, podemos conocer el grado en que el cuerpo humano puede soportar cada una de estas condiciones; y así, realizar un mejor diseño de maquinaria, actividades y estaciones de trabajo acorde a las capacidades físicas de las personas, disminuyendo considerablemente la aparición de DTA'S, por lo menos en los trabajadores de la industria de la manufactura.

Para determinar el valor de los esfuerzos se utilizó el Análisis de Elemento Finito (FEA, por sus siglas en inglés), debido a que con dicho análisis se pueden llegar a obtener valores muy cercanos a los de las fuerzas reales que actúan sobre algún cuerpo de manera rápida haciendo un seccionamiento virtual del cuerpo que se quiera estudiar, tal como lo demuestra (Moaveni, 1999).

2 Marco teórico y antecedentes

2.1 Antecedentes

Desde hace más de 2400 años la biomecánica se ha encargado de estudiar el cuerpo humano en términos mecánicos; esta ciencia utiliza el método científico para representar y analizar el comportamiento de las diferentes partes del cuerpo de forma estática y/o dinámica, con la intención de mejorar la calidad de vida de los seres humanos. (Fuentes, 2007).

Un estudio aplicado a la biomecánica del cuerpo humano, que utiliza análisis de elemento finito fue el realizado por (Thorbole, 2005), quien determinó los efectos producidos (fallas) por las grandes cargas dinámicas en los platos de la columna vertebral con relación a la edad; con este estudio se observó cómo al aplicar grandes presiones o fuerzas al radio de la espina dorsal, las cargas paralelas a la espina misma hacen que las fracturas repentinas sean más comunes que las fracturas pequeñas o fisuras en las espinas jóvenes que en las espinas viejas, debido a que la relación que existe respecto a la edad, consiste en que mientras mayor sea el número de años de una persona, el núcleo de su espina pierde humedad, volviendo a la espina dorsal menos elástica y más sólida y, sin considerar que la persona puede padecer alguna enfermedad como la osteoporosis, es más difícil deformar al hueso sólido que al hueso elástico (joven); esto se debe a que el hueso elástico tiene mayor deflexión al momento de algún impacto o fuerza que uno sólido, lo que lo vuelve más fácil de fracturarse. Pero es importante resaltar que la recuperación de una fractura es más rápida en un hueso húmedo o joven, que en uno antiguo.

Otro estudio parecido al mencionado anteriormente es el que desarrollaron (Bai, y otros, 2002), pero con algunas mejoras o con una visión práctica y futurista, ellos planearon la creación de un modelo 3D para los sistemas musculoesquelético y óseo del cuerpo humano, utilizando la metodología del elemento finito con la intención de estudiar y comprender de mejor manera algunas enfermedades, lesiones deportivas, así como también la cura o recuperación de las mismas; diseño y fabricación de implantes, la técnica de deporte de alto rendimiento, las características de análisis para mejorar el rendimiento deportivo, la corrección de la postura para evitar la ocurrencia de algunas enfermedades; para finalmente, mejorar la calidad de vida.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Ergonomía.

Ergonomía se define como el campo de conocimientos multidisciplinarios que estudia las características, necesidades, capacidades y habilidades de los seres humanos, analizando todos los aspectos que afecten al diseño de productos o de procesos de producción. Con el objetivo común de adaptar los productos, las tareas, las herramientas, los espacios y el entorno en general a la capacidad y necesidades de las personas, de manera que mejore la

eficiencia, seguridad y bienestar de los consumidores, usuarios y/o trabajadores. (Vera, 2006)

2.2.2 Biomecánica.

(Chico Ruiz, 2007) La biomecánica ocupacional se encarga de analizar particularmente la interacción del cuerpo humano con los elementos con que se relaciona en diversos ámbitos (en el trabajo, en casa, en la conducción de automóviles, en el manejo de herramientas, etc.) y adaptarlos a sus necesidades y capacidades.

Por la naturaleza de los análisis ergonómicos es obvia la importancia de pruebas no destructivas, debido a que no sería prudente ni correcto realizar pruebas destructivas en un humano vivo, debido a los daños irreparables que se le ocasionarían a la persona. (De la Vega Bustillos, 2010)

2.2.3 Desórdenes de trauma acumulativo.

(VDT Guidelines, 2003) Un DTA de la extremidad superior, es el resultado de lesiones de uno o más tejidos. Estos tejidos pueden incluir los músculos, los tendones, los nervios, los vasos sanguíneos, articulaciones, cartílagos, ligamentos y/o huesos. El daño se origina cuando se produce una fuerza repetitiva, excesiva tensión constante, presión y/o trauma. La evaluación de los trastornos de trauma acumulativo requiere de un enfoque integrado que incorpora el análisis de ingeniería, ergonomía, medicina clínica y medicina conductual en cada caso.

2.2.4 Análisis de elemento finito.

El método del elemento finito se define por (Moaveni, 1999) como un procedimiento numérico que puede ser utilizado para obtener soluciones a problemas ingenieriles de gran clase, en donde intervengan el análisis de esfuerzos, las transferencias de calor, el electromagnetismo, el flujo de fluidos entre otros.

3 Descripción del problema

Al momento de analizar una estación de trabajo por lo regular solo se efectúa una revisión de las posturas que se realizan durante la ejecución del mismo; además de que solo se analiza una postura a la vez sin considerar el efecto acumulativo de mantener todas las posturas durante la actividad; pero en lo que respecta al manejo manual de diversos materiales, la aplicación de cantidades considerables de fuerza y la repetitividad de los movimientos, se puede decir que en su mayoría no son considerados, y esto se debe a que una de las características principales de estos análisis es justamente que dependen en gran medida del criterio, experiencia y conocimiento de las personas que los realizan.

Por otra parte, hasta el momento no se ha utilizado el método del análisis de elemento finito para determinar la magnitud de los esfuerzos máximos que permitan trabajar sin riesgo de sufrir un DTA en las extremidades superiores, a lo largo de una jornada de

trabajo, en donde se contemple la realización de actividades que impliquen el levantamiento repentino de algún cuerpo de peso significativo, la continua repetición de movimientos y las malas posturas de los trabajadores, de manera individual y combinada.

(Martínez, 2007) Si se conoce que el riesgo de sufrir un DTA está relacionado con la aparición de la fatiga, y que la aparición de fatiga a su vez está relacionada con la disminución de la fuerza y con la capacidad voluntaria máxima (CMV). Por lo tanto se puede establecer que la disminución de la fuerza y la CMV están relacionada con el riesgo de sufrir un DTA.

A su vez, se puede decir que la probabilidad de aparición de un DTA dependerá del género de la persona que esté sometida a la carga, debido a la diferencia entre el CMV de los varones y las mujeres. (Salud y seguridad Industrial, 2009)

En base a lo anterior podemos apreciar que si conocemos el comportamiento de la fuerza (CMV) a lo largo de una jornada de trabajo, también podremos estimar si la persona o trabajador se encuentra en riesgo en el transcurso de la misma; pero, para conocer el comportamiento, efectos y consecuencias que tendrá una fuerza conocer solo el CMV no basta, sino que también será necesario conocer su magnitud.

4 Desarrollo de la solución

4.1 Diseño del experimento

El experimento consiste en introducir el modelo anatómico de la muñeca/mano humana al software ComsolMultiphysics y se someterá a los músculos, tendones y ligamentos a diferentes tipos de cargas.

En base al objetivo de este documento, se deben realizar las siguientes pruebas:

Prueba 1. Esfuerzos repentinos, independiente horizontal.

En posición neutra horizontal (0° de inclinación entre la muñeca y la mano) como se muestra en la Figura 1 se colocarán cargas de tensión a partir de 5 kilogramos, y en intervalos de 5 kilogramos, hasta que el esfuerzo en cualquiera de los tendones sea igual o supere los 20 Mpa.

Prueba 2. Trabajo repetitivo, independiente horizontal.

En posición neutra horizontal (0° de inclinación entre la muñeca y la mano) como se muestra en la Figura 1 se colocará una carga de tensión de 25 kilogramos la cual será soportada por la muñeca durante 3 segundos, y después la soltara, para dos segundos después volver a sostenerla, esta operación se realizará hasta que el esfuerzo en cualquiera de los tendones sea igual o supere los 20 Mpa. Se quiere conocer el número de ciclos que deben transcurrir para que con esa carga repetitiva ocurra un DTA.

Prueba 3. Mala postura, independiente.

A 20° y hasta 30° de la posición neutra horizontal entre la mano y la muñeca, se determinará la carga que para cada ángulo generaría un DTA, colocando cargas de tensión a partir de 5 kilogramos y hasta que ocurra un DTA como lo muestra la Figura 2

Prueba 4. Mala postura, trabajo repetitivo y esfuerzos repentinos a la vez.

A 20° y hasta 30° de la posición neutra horizontal entre la mano y la muñeca, se determinará la carga que para cada ángulo generaría un DTA, considerando un ciclo de trabajo de cuatro cargas de 5 kilogramos y una quinta de 10 kilogramos, con la intención de simular el trabajo repetitivo, los esfuerzos repentinos y las malas posturas.

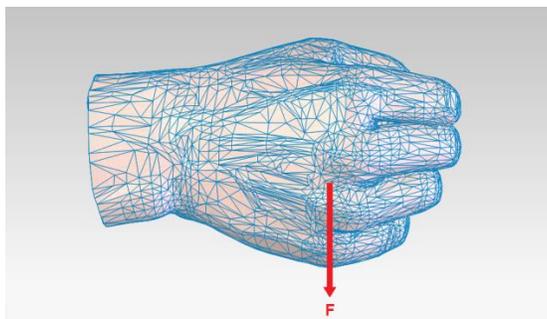


Fig. 1. Prueba 1 y 2 para alta repetitividad y esfuerzos repentinos.

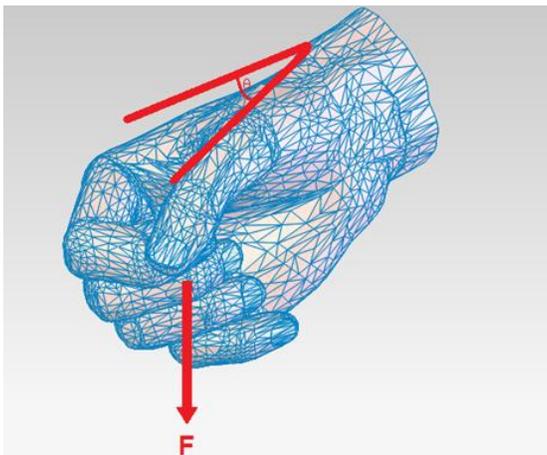


Fig. 2. Prueba 3 y 4 para mala postura y tres factores a la vez.

4.2 Recolección de información sobre las variables

Para iniciar el experimento, se determinó el Modelo Viscolástico como el modelo mecánico al que pertenecen los ligamentos. (Wang, Parnianpour, Shirazi-Adl, &Engin, 2000) Y al igual que los ligamentos, los tendones y fundas tendinosas, también pertenecen a este modelo mecánico. (Tracey, 2005)

El ligamento representa el elemento fijo, así como el extremo de todos los tendones que va unido al músculo del antebrazo, semejando a un conjunto de cables sujetos de un extremo y sometidos a una fuerza vertical en el extremo libre. (Maytorena Rico, 2011)

(Miller, 2009) Es importante mencionar que los huesos del cuerpo absorben solo el 80% de las fuerzas que el mismo sostiene, por lo que si se intenta sujetar con las manos un objeto de 10 kg los músculos, ligamentos y tendones de la mano solo absorberán el 20% de los esfuerzos (2kg).

Durante el experimento se recolectó información acerca de las variables a medir. Lo que se quiere conocer es el esfuerzo que los tendones realizan a aplicarse una carga en las manos. Esto nos ayuda a determinar la existencia de un DTA comparando el esfuerzo que se efectúa en cada uno de los tendones con el Modulo de Young de los mismos, 80 Mpa (Tracey, 2005).

Si el esfuerzo en cualquiera de los tendones excede la cuarta parte del Módulo de Young (20 Mpa), se puede decir que habrá una inflamación en el tendón afectado, dicha inflamación originará que aumente la presión en el líquido sinovial de la funda tendinosa, ocasionando que se comprima el nervio mediano, y finalmente se presente el dolor. (Pons Renedo&Arraiza Sarasa, 2009) (Tracey, 2005)

Así como se necesitó el Modulo de Young, también se requiere conocer los valores de la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros generales.(Wang, Parnianpour, Shirazi-Adl, &Engin, 2000) (Izquierdo Redín, 2008)

Tejido	Módulo de Young (Pa)	Módulo de Bulk (Pa)	Densidad (Kg/m ³)	Módulo de Shear (Pa)	Constante G1 ¹	Constante T1 ²
Tendón	80 x 10 ⁶	80 x 10 ⁶	1050	28.8 x 10 ⁶	11.92 x 10 ⁶	1000
Funda Tendinosa	80 x 10 ⁶	80 x 10 ⁶	1000	31.92 x 10 ⁶	31.92 x 10 ⁶	3.45
Ligamento	Innecesario por ser un elemento de referencia que no se está estudiando (elemento fijo).					

¹ G1=Constante ó Módulo de relación de Bulk
² T1= Constante de relajación

5 Resultados

Prueba 1.

Después de varias iteraciones se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 3 del análisis de esfuerzos y Figura 4 del análisis de deformación. Donde se puede observar que en la décima iteración y con los tendones cargados a 50 N, se alcanza el esfuerzo máximo permisible para que ocurra un DTA (20.62MPa con una elongación de aproximadamente 12 mm). En este caso, el DTA se presentará en los tendones superficial y profundo del dedo meñique, justo en la sección en donde pasan por la funda tendinosa, originando que ambos tendones se inflamen y compriman al Nervio mediano, ocasionando dolor, mejor conocido como síndrome del túnel carpiano.

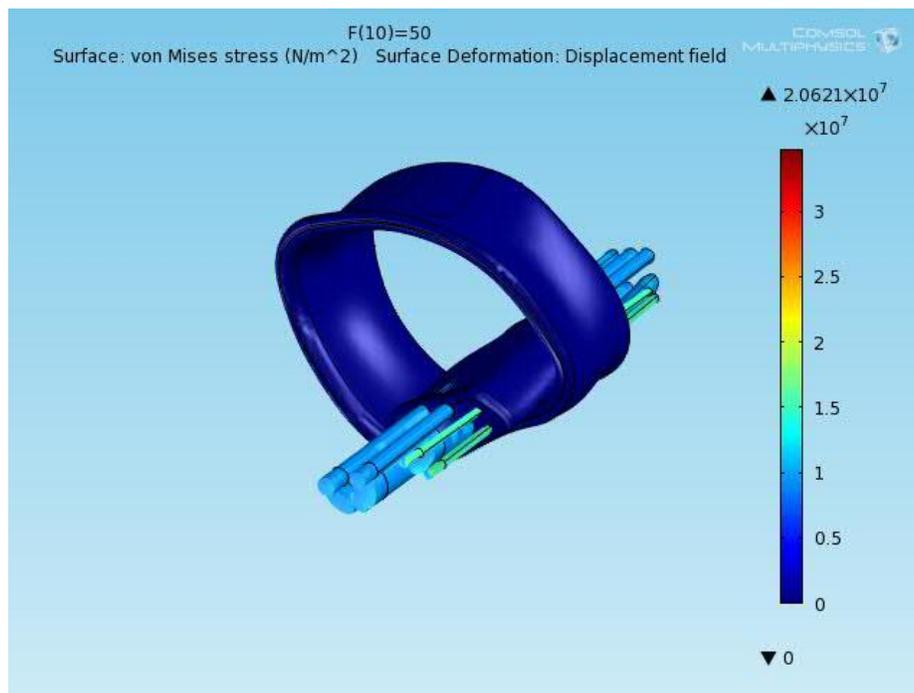


Fig. 3. Resultados del análisis de esfuerzos de la Prueba 1, esfuerzos repentinos.

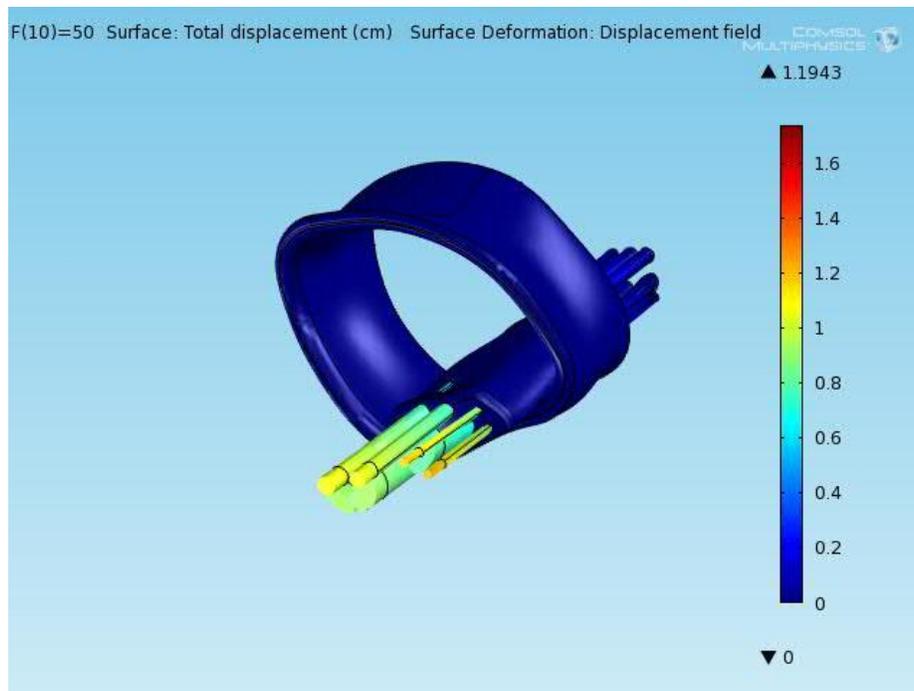


Fig. 4. Resultados del análisis de deformación de la Prueba 1, esfuerzos repentinos.

6 Conclusiones

Es importante tomar en cuenta que los resultados solo pertenecen a este caso en específico, debido a que para obtener resultados aproximados a los reales de cada persona, se necesitaría hacer una resonancia de la mano-muñeca de la persona, y medir las dimensiones de cada uno de sus tendones, y aun así estaríamos pasando por alto que las características, como Módulo de Young y densidad por mencionar algunas, varían para cada individuo, sobre todo si son de diferente sexo. Sin embargo, aún y con los factores que consideramos constantes para todos los cuerpos, el Análisis de Elemento Finito resulta muy útil y capaz de realizar aproximaciones a los esfuerzos reales en la mano-muñeca, y por lo tanto es un hecho que ayuda a la detección y prevención de los DTA'S, en lo que a la Prueba 1 respecta.

7 Referencias

1. Bai, X., Wei, G., Ye, M., Wang, D., Hu, Y., Liu, Z., y otros. (2002). Finite Element Musculoskeletal Modeling of Mechanical Virtual Human of China. Shanghai, China.
2. Chico Ruiz, F. (22 de Junio de 2007). Biomecánica del pie. (CONCYTEG, Ed.) México.
3. De la Vega Bustillos, E. (25 de Enero de 2010). Pruebas no destructivas. (A. Montoya Sánchez, Entrevistador) Hermosillo, Sonora, México.
4. División de Información en Salud, S.-5. (2008). Informe Mensual de Población Derechohabiente, Enero - Diciembre del 2008.MÉXICO.
5. Fuentes, P. (Noviembre de 2007). Biomecánica de la Esgrima. Galicia, España.
6. Hudock, S. D., & Keran, C. M. (1992). Risk Profile of Cumulative Trauma Disorders of the Arm and Hand in the U.S. Mining Industry. Bureau of Mines, United States Department of Interior.
7. INEGI. (29 de Agosto de 2002). ABC. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas por Sectores Institucionales. México.
8. Izquierdo Redín, M. (2008). Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Buenos Aires; Madrid: Médica panamericana.
9. Llana Álvarez, F. J. (2008). Ergonomía y psicología aplicada. Manual para la formación del especialista. (Décima ed.). Lex Nova S. A.
10. Martínez, P. (31 de Diciembre de 2007). Placidomar.net. Recuperado el 3 de Noviembre de 2010, de <http://www.placidomar.net/prevencion/ERGONOMIA/Cap%EDtulo%20VI/todo.pdf>
11. Maytorena Rico, J. M. (29 de Junio de 2011). Biomecánica de la mano. (A. Montoya Sánchez, Entrevistador) Hermosillo, Sonora, México.
12. Miller, M. D. (2009). Ortopedia y traumatología: revisión sistemática (5 ed., Vol. 1). Madrid, España: Elsevier.
13. Moaveni, S. (1999). Finite Element Analysis. Theory and application with ANSYS. New Jersey, USA: Prentice Hall.
14. OCDE. (Jueves 3 de Noviembre de 2005). INFONAVIT; Dirección Sectorial Empresarial; Síntesis. En México, pagan de lujo horas extras. México.
15. Pons Renedo, M. J., & Arraiza Sarasa, M. (10 de Octubre de 2009). Estudio radiológico de la muñeca y la mano. Curso de Formación. Diagnóstico por la imagen en patología musculoesquelética.
16. Salud y seguridad Industrial. (24 de Junio de 2009). Recuperado el 1 de Noviembre de 2010, de <http://segind.blogspot.com/2009/06/hombro-biomecanica.html>
17. Thorbole, C. K. (Julio de 2005). Finite Element Analysis of Vertebral End-Plate Failure under High Dynamic Axial Load and Its Relation to Age. Wichita, USA.
18. Tracey, D. (7 de Diciembre de 2005). TENDONS, LIGAMENTS AND VISCOELASTICITY.
19. VDT Guidelines, N. D. (2003). AlShamsi.Net. Recuperado el 29 de Septiembre de 2010, de Cumulative Trauma Disorders (CTD): www.alshamsi.net/friends/b7ooth/health/ctds.html
20. Vera, P. (2006). Ergonomía del trabajo. Valencia, España.
21. Wang, J.-L., Parnianpour, M., Shirazi-Adl, A., & Engin, A. E. (2000). Viscoelastic Finite-Element Analysis of a Lumbar Motion Segment in Combined Compression and Sagittal Flexion. SPINE, 25(3), 310-318.

Modelo de Confiabilidad para el Error Humano

Fabiola Guadalupe Contreras Poom, Enrique Javier De la Vega Bustillos

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Hermosillo,
Sonora

fabiolacontrerasp@yahoo.com; en_vega@ith.mx

Resumen: El error humano está relacionado con las principales catástrofes a través de la historia, con el paso del tiempo se han estudiado los distintos sucesos que originaron estos acontecimientos que aún con el paso del tiempo siguen siendo relevantes para la humanidad. El principal factor de estos desastres ha sido el factor humano y la confiabilidad humana es la probabilidad de que una persona desempeñe alguna función libre de fallas, bajo distintas condiciones y en un periodo de tiempo determinado [1]. Con el tiempo se han analizado distintas situaciones dentro de las cuales el ser humano se ve en la necesidad de desarrollar actividades complejas que requieren de mayor atención para desempeñarse; debido a esta situación surge la necesidad de analizar los factores que influyen dentro de los principales errores que se comenten en un proceso determinado y lo que los origina.

Palabras clave: Confiabilidad, Error humano, Probabilidad.

1 Introducción

Al hablar de ergonomía nos introducimos en amplio campo de investigaciones en el cual el principal interés es mantener un balance entre el ser humano y el entorno que lo rodea, proporcionando herramientas que ayuden y beneficien las actividades que realice una persona en cualquier ámbito y sobre todo buscar el bienestar del ser humano. En este contexto la ergonomía tiene cuando menos dos finalidades improvisar y mantener la salud de los trabajadores y el diseño y operación satisfactoria de sistemas técnicos desde el punto de vista de producción y seguridad. [5]

Los operadores suelen trabajar dentro de un entorno dinámico en donde se presentan variables externas de estrés tales como la presión de la carga de trabajo, el tiempo y variables ambientales; así mismo variables de estrés internas como la falta de atención, fatiga y frustración. Estas situaciones están en continuo cambio, además los individuos que realizan tareas que varían ampliamente en las capacidades y respuesta a éstas diferentes variables de estrés. [4]

1.1 Antecedentes

Al hablar sobre la confiabilidad humana es inevitable no abordar el tema del error humano y las consecuencias que éste trae consigo al suceder dentro de grandes organizaciones. Tal como sucedió en la planta nuclear de las Tres Millas en Pennsylvania en el año de 1979, siendo éste uno de los principales acontecimientos que desencadenaron los estudios sobre este tema y la necesidad de analizar los factores que llevan a estos sucesos; al realizar distintos estudios se concluyó que la principal causa de dicho accidente fue la falta de capacitación de los empleados de la planta [2]. Después de éste y otros sucesos de igual o menor importancia se fueron presentando distintos métodos de confiabilidad cuya finalidad era la misma, establecer criterios que ayudaran a evitar el error humano controlando factores que intervengan directa o indirectamente dentro de las actividades asignadas a los operadores. A finales de los años 70's y cerca de los 80's se realizaron muchas investigaciones principalmente en los Estados Unidos y Europa, esto en respuesta al creciente interés en cuanto a la seguridad y confiabilidad en la industria de las plantas nucleares.

Dichos estudios han analizado criterios tales como la capacitación del personal, la carga de trabajo, el diseño de las áreas de trabajo, la fatiga mental, por mencionar algunos; todos estos factores han sido analizados en actividades complejas que se realizan en la industria nuclear, aeroespacial, aviación o incluso en la milicia donde las consecuencias del error humano son de gran impacto, sin embargo es interesante ampliar este campo de investigación hacia otro tipo de industria tal como la manufacturera en donde si bien es cierto no se presentan accidentes de grandes magnitudes como los mencionados anteriormente es de importancia para la empresa controlar estos aspectos y reducir también las causas que generan que los operadores comenten errores dentro de sus actividades simples y altamente repetitivas.

1.2 Error Humano

“El error humano es cualquier acción humana que excede un límite de aceptabilidad; es decir una acción fuera de tolerancia donde los límites de desarrollo aceptable son definidos por el sistema.” [3]

Las situaciones de probabilidad de error (Swain and Guttman 1983) se definen como situaciones laborales donde la aplicación de la ergonomía es limitada y es susceptible a que ocurra un error, cualquier diseño que viole el estereotipo de la población se considera como una probabilidad de error. Una situación propensa a accidente es una probabilidad de error que fomenta los errores humanos y resulta en una lesión al trabajador o daño al equipo.

1.3 Planteamiento del Problema

Actualmente es poca o nula la aplicación de estudios de confiabilidad humana en el ámbito de la industria manufacturera, debido a esto es necesario analizar los modelos de confiabilidad existentes para evaluar las condiciones de los empleados en determinados trabajos en los cuales son sometidos a jornadas laborales donde las operaciones que realizan son altamente repetitivas, por esto es necesario considerar que existen factores y situaciones ajenos a la empresa donde el rendimiento del trabajador se puede ver afectado, influyendo esto en la productividad de la empresa.

1.4 Objetivo

Se puede clasificar a estos principales factores de manera general como internos y externos; siendo las situaciones externas las que no pueden ser controladas, debido a que éstas son las actividades que realiza el trabajador fuera de la empresa en su vida personal. Por esto el enfoque de ésta investigación se centrará en las situaciones que pueden ser controladas denominadas factores internos, dentro de las cuales encontraremos distintas causas que pueden hacer incidir al operador en un error.

Proveer un mejor entendimiento y explicación de un modelo de confiabilidad humana sobre el cómo y porqué ocurren las acciones erróneas especialmente cuando envuelven actividades de ensamble y de inspección. Así mismo se busca contribuir a la mejora del diseño para el desarrollo de los sistemas hombre-máquina que pueden evitar los errores dentro de los procesos.

Otro de los beneficios que se podrán obtener es la reducción de errores que puede cometer el operador al realizar trabajos altamente repetitivos. Así como la disminución del impacto económico que genera dentro de las empresas este tipo de errores.

2 Referencias

1. Cabrera, L. S. (2007). La confiabilidad integral del activo. Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento, 9.
2. Kim, B., & Bishu, R. R. (2006). Incertidumbre del error humano y una difusa aproximación al análisis de confiabilidad humana. *Compañía del mundo de publicación científica*, 20.
3. Salvendy, G. (1987). *Handbook of human factors*. John Wiley and Sons, Inc.
4. W. Kolarik, J. W. (1998). *New Concepts in Human Reliability Models*. Department of Industrial Engineering, Texas Tech University, 5.
5. Wisner, A. (1989). Fatigue and human reliability revisited in the light of ergonomics and work psychopathology. *Ergonomics*, 9.

Detección y seguimiento de movimientos de un operador en un ambiente de producción industrial, utilizando interfaces de reconocimiento de lenguaje natural

Genesis Y. Avila-Rubio, Jorge D. Gutierrez-Cota

Division de Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de Hermosillo, Ave. Tecnológico,
Hermosillo, Son., Mexico
Ing.genesis.avila@gmail.com, xjorgedavid@gmail.com

Abstract. Este documento se basa en el desarrollo de un sistema que se encarga de la detección y el seguimiento de los movimientos de un operador en un entorno de producción industrial, así como su clasificación y re identificación en términos de la ingeniería industrial apoyándose en la inteligencia artificial y los sistemas multi-agentes inteligentes, utilizando así los avances de las mismas al área industrial en el estudio de tiempos y movimientos, explorando un campo en el cual no ha sido aun muy aplicada la inteligencia artificial. Buscando así proponer un sistema que sea capaz de detectar y seguir los movimientos de un operador a través de interfaces (sensores de movimiento).

Palabras Clave: Agentes Inteligentes, Sistemas multi-agentes, Interfaces, therbligs, Estudio de Tiempos y Movimientos.

1 Introducción

En este trabajo se describe a grandes rasgos el sistema que se pretende desarrollar para lograr la automatización de la detección y seguimiento de movimientos de un operador en un entorno de producción industrial y la forma en la cual funcionaria.

A pesar del gran auge que ha tenido la inteligencia artificial en las últimas décadas aun no se ha explotado al máximo los beneficios que esta podría aportar al campo de la industria, un ejemplo claro que podemos denotar es que aun no existen sistemas automatizados que puedan ser responsables de la detección y seguimiento de movimientos de un operador en una entorno de producción industrial.

Hoy en día han surgido un sinfin de equipos que gracias al avance tecnológico y al desarrollo de los sistemas de información nos podrían ser de gran ayuda para realizar la detección y seguimiento de movimientos, como lo son Kinect de Microsoft, y Xtion pro de Asus, ambos poseen sensores de movimiento que aunados a una computadora, la programación de los mismos y una base de conocimientos, nos podría arrojar datos de los

movimientos que realiza el operador, su clasificación y su posterior recuperación, ayudándonos así dichos datos a detectar la operación correcta o incorrecta de un operario en un entorno industrial.

2 Marco Teórico

Con la evolución de los sistemas de información y la tecnología llega la inteligencia artificial, la cual, ha avanzado y apoyado a diversas áreas como lo son: la medicina, la educación, la administración (sistemas de información), entretenimiento (videojuegos), en la industria en la programación de robots y automatización de procesos, entre otros, siendo poco lo que se les ha vinculado con el área industrial en el campo del estudio de tiempos y movimientos.

Dentro de la inteligencia artificial encontramos a los sistemas multi-agentes (SMA), los cuales pueden estar integrados por agentes inteligentes, interfaces y algunos otros elementos.

2.1 Sistemas Multi-agentes

Los Sistemas multi-agentes son sistemas que describen a los agentes en un entorno social, donde los agentes cooperan para lograr tanto sus metas individuales como sus metas comunes dentro de la comunidad multi-agente. El buen funcionamiento del SMA depende del establecimiento de protocolos eficientes de comunicación y coordinación para que exista una adecuada distribución de actividades, conocimientos y responsabilidades de cada uno de los componentes del sistema. (C. Bravo, 2004)

2.2 Agentes Inteligentes

La definición de agente ha sido motivo de discusión por muchos años entre la comunidad de investigación de inteligencia artificial mencionan que la autonomía es una característica principal de un agente, una definición que es ampliamente aceptada es la citada por (Weiss, 1999) “Un agente es un sistema computacional que está situado en un ambiente, y que es capaz de tomar acciones autómatas en ese ambiente con el fin de cumplir sus objetivos de diseño”. Otra definición no las da Shoham el cual nos define a un agente como: “un objetivo activo, un objeto con estado mental”, que posee capacidades cognitivas y un comportamiento social (Shoham & Moshe, 1999). De esta forma los agentes inteligentes además de atributos y métodos (propiedades de paradigma de orientación por objetos), poseen creencias, deseos e intenciones los cuales los vinculan con su entorno y les proveen estados mentales de los cuales depende su comportamiento. (Russell & Norving, 2004)

2.3 Interfaces

En la actualidad las interfaces han tenido una gran proyección en diversos campos y son cada vez más utilizadas los diferentes tipos de ellas.

Una interfaz se define como un conjunto de elementos de software y/o hardware de un sistema computarizado que prese información al usuario y le permiten manipular tal información (Preece, 1994).

En el caso de un software podemos entenderla como parte de un programa que permite el flujo de información entre un usuario y la aplicación, o entre la aplicación y otros programas o periféricos. Esa parte de un programa está constituida por un conjunto de comandos y métodos que permiten estas intercomunicaciones.

Una interfaz también puede ser el conjunto de métodos para lograr la interactividad entre un usuario y una computadora. También puede ser a partir de un hardware, por ejemplo, el monitor, el teclado y el mouse, son interfaces entre el usuario y el ordenador.

En la actualidad kinect y xtion pro son interfaces que nos permiten captar los movimientos del usuario mediante coordenadas en el plano x, y y z. La cámara de xtion pro detecta el movimiento y la presencia de objetos a un alcance no mayor de 0.8 m X 3.5 m, dentro de una inclinación máxima de 70°. Se maneja por medio del movimiento (sensores de profundidad), o bien, por el teclado (con los leguajes respectivos de Windows y Linux), mientras que kinect solo detecta personas a través de su esqueleto óseo y su programación en XNA y también es compatible con lenguajes de programación Windows.

2.4 Estudio de tiempos y movimientos

En el área industrial se realizan estudios de tiempos y movimientos en las estaciones de trabajo o líneas de producción para determinar si el operador está realizando correctamente y en el tiempo adecuado la operación, por lo regular este estudio se realiza con la ayuda de un cronometro y una cámara de video, donde se mide el tiempo y se estudian los movimientos del operador (denominados therbligs). Los Gilbreth fueron pioneros en el estudio de los movimientos manuales y desarrollaron leyes básicas de la economía de movimientos que aun son considerados fundamentales.

Los Therbligs son los 17 movimientos básicos que los Gilbreth identificaron que se realizan al momento de llevar a cabo una tarea o trabajo. Dichos Therbligs se clasifican en eficientes o ineficientes, los primeros estimulan el progreso del trabajo y con frecuencia pueden ser acortados pero por lo general no pueden ser completamente eliminados, mientras tanto los therbligs ineficientes entorpecen la operación (no representan un avance en el progreso de la misma) y deben eliminarse utilizando los principios de la economía de movimientos. (Niebel & Freilvalds, 2009)

El estudio de movimientos implica el análisis cuidadoso de los movimientos corporales (therbligs que se emplean para realizar una tarea. Su propósito es eliminar o reducir movimientos ineficientes y facilitar y acelerar los movimientos eficientes. A través del estudio de los movimientos en conjunto con los principios de la economía de

movimientos, el trabajo puede rediseñarse para que se incremente su eficacia y genere un elevado índice de producción. (Niebel & Freilvalds, 2009)

El estudio de tiempos es la 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. (Niebel & Freilvalds, 2009)

3 Descripción del problema

Actualmente los sistemas de información han tenido un gran desarrollo y aplicación en diversas áreas como: la educación, la medicina, en el ramo aeroespacial, en las áreas administrativas, en el área de entretenimiento y los videojuegos, la robótica (programación de robots) y en la industria en la automatización de procesos y en el área de distribución y logística, pero no hay aun una integración de los sistemas de información hacia el área de producción en la detección y seguimiento de movimientos.

Falta una base de conocimiento para la detección de movimientos de los operadores en un ambiente de producción industrial de manera automatizada, para utilizarse en el proceso de toma de decisiones o en la capacitación del personal.

4 Desarrollo de la Solución

Se está desarrollando un sistema que sea capaz de detectar y dar seguimiento a los movimientos del operador en un ambiente de producción industrial de manera automatizada, utilizando agentes inteligentes, interfaces (sensores de movimiento) y una base de conocimiento.

El sistema estará compuesto por una interfaz (sensor de movimiento), una base de conocimiento, una computadora, cinco agentes inteligentes y otras interfaces orientadas al usuario y un generador de reportes.

Los elementos del sistema interactuaran entre sí para coordinarse y lograr las metas en común.

- a) **Operador:** es la persona que realiza la actividad u operación, la cual será monitoreada por la interfaz (sensor de movimientos) para detectar los movimientos que realiza en dicha tarea.
- b) **La interfaz** (sensor de movimientos): monitorea al operador, dicha interfaz manda los datos en forma de coordenadas(x, y, z) a la computadora.
- c) **Computadora:** procesa los datos recibidos para enviarlos al agente 1.
- d) **Agente 1:** detecta si existieron movimientos o no en base a las coordenadas e información recibida, como siguiente paso el agente 1 le enviara la información al agente 2 en caso de que haya existido algún movimiento.

- e) **Agente 2:** identifica el tipo de movimiento que se realizo apoyándose en la base de conocimiento existente realizando un análisis en base a cálculos y aproximaciones para enviar esta información al agente 3.
- f) **Base del conocimiento:** tiene información de trayectorias en coordenadas (x, y, z) de cada movimiento identificado, etiquetado y permitido que puede realizar el operador (Thebbligs).
- g) **Agente 3:** toma la información recibida del agente 2 y la interpreta y adecua para enviarla en el formato adecuado a los usuarios (entre ellos el supervisor) y al mismo tiempo el agente 3 envía la información al agente 4.
- h) **Agente 4:** es un agente que mantiene y controla el enlace con el agente 5 a quien le envía la información y el estado del sistema, el cual concentra la información y el estado de los sistemas paralelos a este.
- i) **Agente 5:** concentra la información de los diferentes operadores que están siendo monitoreados en otros sistemas paralelos a este, debido a que por el momento con un sistema como este solo se pueden monitorear a dos operadores con una sola interfaz (sensor de movimientos). La información que concentra el agente 5 puede ser requerida por el usuario en cualquier momento, la cual le será enviada a través del agente 3. Así mismo monitoreara el estado y le dará seguimiento a los sistemas paralelos a este.
- j) **Usuarios** (entre ellos supervisor): recibe la información a través del agente 3 del sistema, pero este también puede solicitar información al agente 5 y recibirla a través del agente 3, de la misma manera el usuario (entre ellos supervisor) puede comunicar esa información a otras interfaces, y tomar las decisiones correspondientes en base a esta información.
- k) **Otras interfaces:** nos pueden ayudar en el sistema de toma de decisiones, balanceo de líneas y cuestiones de acomodo del trabajador.

En el diagrama de la Figura 1 se representa gráficamente como funcionara nuestro sistema de detección y seguimiento de movimientos y los elementos que lo integraran.

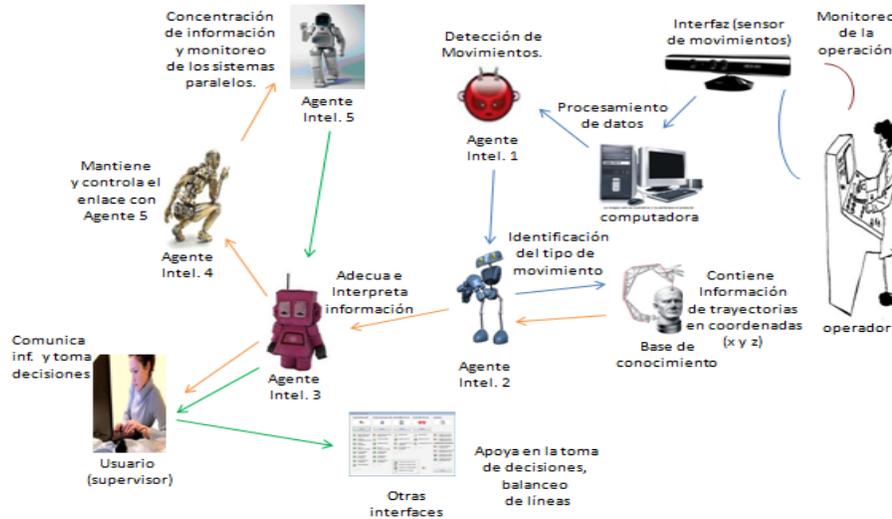


Fig. 1. Diagrama del sistema de detección y seguimiento de movimientos.

5 Resultados

Hasta el momento se ha logrado detectar el esqueleto humano mediante la interfaz de kinect y xtion pro, se ha avanzado en el aprendizaje de la programación en XNA para la interfaz de kinect a través de un curso al cual se asistió con la finalidad de conocer más sobre el funcionamiento del mismo y sus diferentes aplicaciones.

Ya es posible registrar trayectorias 24/7 por medio de estas interfaces, se seleccionaron las interfaces de sensores de movimientos que se van a utilizar en el sistema para la detección y seguimiento de movimientos que son kinect y xtion pro.

6 Conclusiones

El tema sobre la detección y seguimientos de movimientos de un operador utilizando interfaces (sensores de movimiento) como el kinect y xtion pro es un tema interesante, ya que con anterioridad no se han realizado este tipo de proyectos apoyados en estas herramientas, y se necesita de mas trabajo e investigación, haciéndolo más atractivo.

Es de gran importancia aprovechar los avances tecnológicos y científicos para el desarrollo de nuevos métodos y sistemas que nos ayuden a optimizar nuestros recursos, aprovechar mejor el tiempo, y lograr que la IA sea aplicada en todas las áreas donde pueda ser aplicable para mejorar sistemas y procesos.

Por lo que se pretende que este nuevo sistema automatizado de detección y seguimientos de movimientos de un operador, sea adaptable al entorno industrial.

En base al desarrollo actual es factible continuar con el proyecto porque hasta la fecha ha sido posible la detección de movimientos del operador a través de las interfaces (sensores de movimiento) como lo son el kinect y el xtion pro.

7 Referencias

1. C. Bravo, J. A. (2004). Diseño de una arquitectura de automatización industrial basada en sistemas multi-agentes. *Ciencia e Ingeniería* , 75-88.
2. Weiss, G. (1999). *Multiagent Systems*. Massachusetts.
3. Shoham, & Moshe, T. (1999). *On social laws for artificial agents societies*.
4. Russell, S., & Norving, P. (2004). *Inteligencia Artificial Un Enfoque Moderno*. Madrid: Pearson Educacion, S.A.
5. Preece. (1994). *Human-Computer Interaction*. Adison-Wesley.
6. Niebel, B., & Freilvalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Metodos, estándares y diseño del trabajo*. Mexico, DF.: Mc Graw hill.

Interacción humano computadora en un entorno de inteligencia ambiental para el monitoreo del operador en los tópicos de seguimiento-fatiga-desempeño

Ingrid C. Moraila-Bórquez, Jorge D. Gutierrez-Cota

Division de Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de Hermosillo, Ave. Tecnológico,
Hermosillo, Son., Mexico
ing.moraila@live.com, xjorgedavid@gmail.com

Abstract. Este documento plantea un sistema para la detección de posturas y reconocimiento de gestos para la detección de fatiga en un entorno de inteligencia ambiental, apoyándose en el uso de interfaces inteligentes, que nos permitan detectar las posturas del esqueleto humano para poder identificar posiciones claves para la determinación de fatiga, y en el rostro identificación de los gestos, para su detección temprana para poder combatirse a tiempo y no se complique en se convierta en fatiga crónica.

Keywords: Fatiga, Kinect, Interfaces, Seguimiento, Inteligencia ambiental, Skeletal tracking, identificación de posturas, identificación de gestos.

1 Introducción

Hoy en día la fatiga tiene repercusiones personales, económicas y materiales de diversa magnitud, es un factor causal importante de algunos errores en la actividad. La fatiga que sigue a la realización prolongada de tareas de procesamiento de datos puede afectar negativamente a las capacidades de análisis de datos, de toma de decisiones y de concentración mental; en ocasiones, se traduce en una forma de realización del trabajo propia de personas inexpertas con errores que, a simple vista, parecen inexplicables, aunque la persona no considere que su eficiencia sea menor. Podría considerarse la fatiga como el escalón inmediato anterior a muchos accidentes laborales.

Es por ello que en este trabajo se propone un sistema que pretende detectar en fase inicial algunos de los síntomas de fatiga, para que sean tratados a tiempo.

2 Marco teórico

2.1 Fatiga

La fatiga, podemos definirla como el agotamiento corporal o mental que se produce como consecuencia de un trabajo de un esfuerzo, y que se caracteriza por la incapacidad para realizar tareas físicas con el ritmo o con la fuerza habituales, y por una mayor lentitud de los procesos racionales que pueden ocasionar un fallo de memoria. (Carranza & Vallejo González, 2004)

Los síntomas y signos de la fatiga industrial incluyen los siguientes: palpitaciones, falta de aire, dificultad para respirar, músculos tensos entumecimiento, dolor, articulaciones rígidas Sudoración, agotamiento, extenuación, dificultad para la concentración, pasividad, indiferencia, falta de interés, decaimiento, somnolencia, pesadez (bostezos continuos) y adormilado. (Carranza & Vallejo González, 2004)

El Síndrome de fatiga Crónica es, por definición, una fatiga anormal crónica (que dura más de seis meses), tanto física como mental y que produce, de forma homogénea, un gran impacto en el conjunto de las actividades de la vida diaria del enfermo. (García, 2006)

2.2 Inteligencia ambiental

Se define la Inteligencia Ambiental como una nueva área de investigación consistente en la creación de espacios habitables (denominados «entornos inteligentes») donde los usuarios interactúen de manera natural e intuitiva con servicios computacionales que les faciliten la realización de sus tareas diarias, ya sean de ocio o de trabajo. (Corrales Ramón, 2007)

Las interfaces inteligentes permiten al usuario comunicarse con los dispositivos del entorno inteligente de una manera sencilla y natural. El objetivo principal de estas interfaces es ocultar al usuario la complejidad del sistema y sólo mostrarle sus funcionalidades. De este modo el usuario puede obtener el servicio que necesita sin preocuparse del funcionamiento interno del entorno inteligente.

El uso de interfaces inteligentes (basadas en muchos casos en sistemas de realidad aumentada) permite una interacción más sencilla y directa entre el humano y el sistema. De este modo, el trabajador no necesitará tener conocimientos sobre tecnologías complejas para usar el sistema.

3 Descripción del problema a abordar

La fatiga es un riesgo dinámico, surge en el proceso de trabajo y puede convertirse en un riesgo excesivamente peligroso, en función del riesgo previamente existente. La fatiga aumenta exponencialmente las probabilidades de los riesgos.

La persona que trabaja es más o menos vulnerable a las consecuencias de la fatiga, debido a factores individuales o personales, como la edad, el género, estado previo de salud, etc., pero las limitaciones humanas son naturalmente “*humanas*” en su sentido general. Por otra parte, la fatiga laboral se comporta como riesgo profesional, ya que hay relación entre la intensidad de la exposición a fatiga y el tiempo o la duración de esta exposición con la aparición de síntomas o efectos de fatiga.

En la actualidad los métodos de detección de fatiga utilizados son: métodos fisiológicos, métodos para medir el desempeño cognitivo y habilidades sensoriales y métodos psicológicos para determinar percepciones subjetivas de fatiga. (Carranza & Vallejo González, 2004)

La fatiga laboral es difícil incluirla como enfermedad, pues no se puede medir, o ver en principio, y porque de forma habitual no se incluye entre los estudios de riesgos laborales. Muchos especialistas desconocen su existencia, y puede tardarse largo tiempo en ser diagnosticada

La fatiga está presente en toda actividad humana, y más aún en la laboral. La fatiga es muy conocida pues todas las personas la padecen. Pero es totalmente desconocida cuando se trata de ver sus efectos en el trabajo y su repercusión sobre la persona. Si existiera una mayor conciencia sobre ella, probablemente se eliminarían los factores que la producen y se podrían evitar muchos accidentes y otros tipos de lesiones.

Muchas veces una persona fatigada tarda mucho recuperarse o no se recupera. Cuando existen casos de fatiga se detectan ya avanzadas, o pasa desapercibida, y la persona no le toma importancia, el tener unos indicios a una etapa más temprano puede ayudar a prevenirla y que la persona pueda llegar a recuperarse, antes de que esta se convierta en fatiga crónica.

4 Desarrollo de la solución

Para abordar el problema se está desarrollando un sistema que sea capaz de detectar algunos síntomas de fatiga en base a la postura del operario y sus gestos faciales por medio de interfaces inteligentes en un entorno de inteligencia ambiental. Utilizando como interfaz el dispositivo Kinect.

No existe un consenso en el mundo medico para determinar la fatiga, por lo tanto el modelo propuesto nos arrojará unas cuestiones para determinar fatiga.

En el diagrama de la Figura 1 se representa gráficamente como funcionara nuestro sistema de detección de posturas y reconocimiento de gestos y los elementos que lo integran.

El sistema estará compuesto por una interfaz (Kinect), una base de conocimiento, una computadora, y los operarios. El cual funcionara de la siguiente manera: Cuando el operario se encuentre en su lugar de trabajo bajo un contexto de inteligencia ambiental, este estará monitoreado por la interfaz el cual estará dando seguimiento al operario evaluando sus posiciones para identificar su esqueleto y las posiciones que tome durante su trabajo y a su vez también se encontrara monitoreando sus expresiones faciales, unas

vez recolectado esos datos la información se transmitirá a la base de conocimiento para que se procese la información en el computador y despliegue resultados y determine si el operario posee síntomas de fatiga.

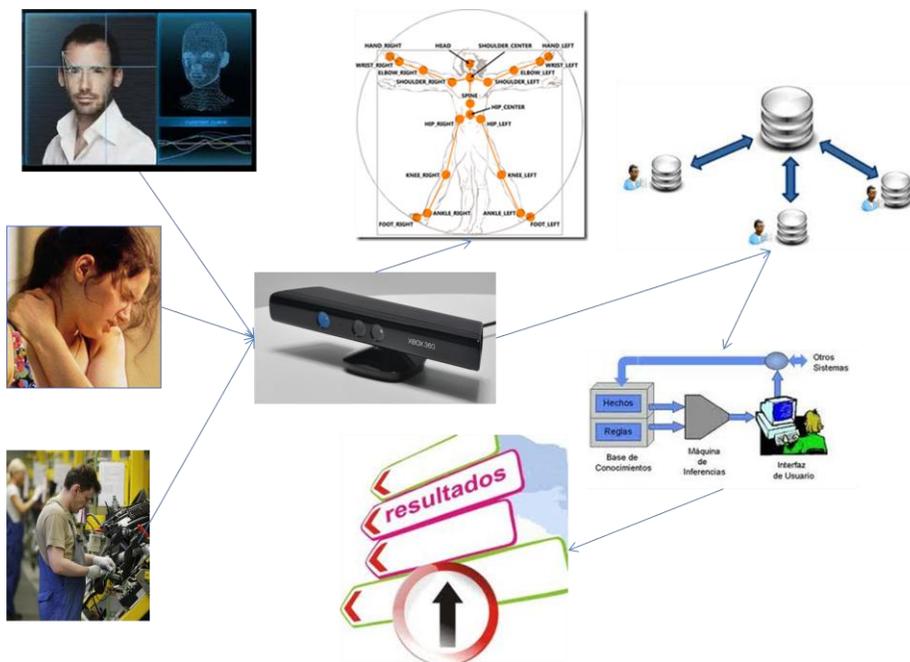


Fig. 1. Diagrama de detección de posturas y reconocimiento de rostros.

5 Resultados

La funcionalidad estrella del sensor Kinect es el Skeletal tracking que proporciona el **seguimiento de esqueleto** y se basa en un algoritmo que logra identificar partes del cuerpo de las personas que están en el campo de visión del sensor. Por medio de este algoritmo podemos obtener puntos que hacen referencia a las **partes del cuerpo** de una persona y hacer un seguimiento de éstos identificando **gestos y/o posturas**. El SDK de Kinect nos permite obtener los puntos de articulaciones (Joints) del esqueleto y su posición en el espacio de una forma sencilla.

Podemos detectar y a las posturas del cuerpo y determinar si una persona se encuentra ladeada, con los hombros caídos, por medio de Kinect.

En este punto de la investigación el sistema es capaz de arrojar información de la colocación del cuerpo completo de la persona.

6 Conclusiones

La fatiga es un aspecto importante en cualquier situación que se desarrolla un trabajo, sea dinámico o estático. Puede causar molestias, distracción o posiblemente un decremento en la satisfacción y en la ejecución del trabajo. En muchos casos, estos factores conducen rápidamente a accidentes, por lo cual es recomendable evitar la fatiga. Esto puede hacerse si se comprende cómo se origina, de manera que el trabajo se diseñe para evitar los factores que la inducen. (Estrada B. & Ramirez L., 2004)

Actualmente los métodos de determinación de fatiga suelen ser invasivos y cognitivos, por lo tanto con este sistema se mide de manera que el operario no se le tiene que conectar ningún artefacto, o dispositivo al cuerpo.

En el desarrollo del sistema propuesto se pudo generar capturar la estructura del cuerpo humano con la cual es un gran avance para la investigación futura, da un buen indicio de que se puede a conocer los indicios de fatiga.

El trabajo futuro es seguir practicando con el sistema para llegar a una detección mas exacta de las posturas del cuerpo humano y llegar a distinguir los gestos del rostro humano para la detección de los indicios de fatiga.

7 Referencias

1. Carranza, A., & Vallejo González, J. L. (Febrero de 2004). Ergonomia Ocupacional, S. C. Recuperado el Septiembre de 2011, de <http://www.ergocupacional.com/>
2. Corrales Ramón, J. A. (2007). Localizacion en Entornos Industriales Inteligentes.
3. Estrada B., J., & Ramirez L., A. (2004). Determinacion de Fatiga física en costureras hogareñas en la ciudad de los mochis. Sociedad Ergonomista de Mexico , 1-10.
4. Garcia, F. J. (9 de julio de 2006). Instituto Ferran de Reumatologia. Recuperado el 1 de Octubre de 2011, de <http://www.institutferran.org/>

Modelo de Predicción de Desorden de Trauma Acumulado por medio de Termografía

Yomara Denisse Campillo Acuña, Enrique de la Vega Bustillos

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Hermosillo, Sonora

yomara_denisse@hotmail.com; en_vega@ith.mx

Resumen: Los desordenes de trauma acumulado son lesiones que aparecen comúnmente en las personas debido a tres factores importantes: repetición, postura incómoda y la aplicación de fuerza por periodos largos, estos causan repercusiones en la persona al tener una lesión y dependiendo del tipo de desorden que padezca, estas resultan en una incapacidad para desempeñarse completamente, por lo que en el presente estudio se trata de desarrollar un modelo de desorden de trauma acumulado, con la finalidad de detectar oportunamente estas lesiones y tratar de evitar los efectos negativos que pueda tener, usando como principal herramienta la termografía infrarroja.

Palabras clave: Termografía Infrarroja, Desorden de trauma acumulado, extremidades superiores.

1 Introducción

Según Freivalds, “los desordenes de trauma acumulado son lesiones al sistema musculoesquelético que se desarrollan gradualmente como resultado de microtraumatismos repetidos debido a un mal diseño y al uso excesivo de herramientas de mano y otros equipos” [1]. Existen muchas causas posibles que pueden provocar un DTA, el riesgo puede estar relacionado con la ocupación, o con actividades privadas de cada persona, en este texto nos enfocaremos a los riesgos ocupacionales, debido a la orientación del proyecto. Entre los factores ocupacionales, que contribuyen a la aparición de DTA se encuentran, las actividades enérgicas y repetitivas, carga muscular estática, postura del cuerpo, tensión mecánica, vibración y frio, por mencionar las más comunes. [2]

1.1 Termografía

La termografía es un proceso mediante el cual, las diferencias de temperatura se pueden asignar, el proceso detecta la radiación electromagnética emitida por un cuerpo o un liquido que se encuentra a temperatura más alta y toma ventaja de la ley de Boltzman, que

establece que la radiación térmica emitida por un cuerpo es proporcional a la diferencia entre la cuarta potencia de su cuerpo y la cuarta potencia de su entorno, esto hace que la termografía sea una poderosa herramienta para detectar incluso las diferencias más pequeñas de temperaturas. Hay tres tipos de termografía, la termografía de cristal líquido, la termografía infrarroja y la termografía de microondas. [3]

1.2 Planteamiento del Problema

Los DTA, continúan siendo un problema en la fuerza de trabajo, desde su prevalencia hasta el costo que representa, este tipo de lesiones ha ido en aumento en las organizaciones de trabajo en Europa, además en Estados Unidos aunque el número ha disminuido, sigue siendo una cifra bastante alta y el costo ha ido tomando un lugar importante además de los daños fisiológicos en los operadores. [4][5]

Por este motivo, existe una clara necesidad de desarrollar nuevas herramientas de evaluación y diagnóstico, para cuantificar y prevenir la exposición a factores de riesgos de lesiones.

1.3 Objetivo

El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo de detección de desordenes de trauma acumulado, utilizando la termografía infrarroja como medio para lograr el temprano descubrimiento de este tipo de lesiones y poder prevenir un problema más severo, los objetivos específicos que se desprenden son:

- Determinar si existe una relación entre la variabilidad de la temperatura y la detección de trauma acumulado.
- Comprobar si existe diferencia de género en cuanto a los DTA.

1.4 Justificación

La justificación de este proyecto radica en la importancia de generar un modelo de detección, a fin de poder descubrir a tiempo los DTA y ser capaces de evitar los impactos negativos que estas lesiones puedan provocar, por mencionar las más importantes:

- Pérdidas económicas para las empresas por el ausentismo de los trabajadores;
- Pérdidas para las organizaciones en producción, calidad, tiempo.
- Pérdida para la familia del trabajador por una baja de sus ingresos económicos, además del aumento de gastos por un miembro de la familia lesionado.
- Mayor gasto para los organismos de salud encargados, por el aumento de los gastos médicos.
- Pérdidas económicas para el país al perder fuerza de trabajo.

2 Marco Teórico

2.1 Termografía infrarroja médica

La termografía infrarroja médica ha sido reconocida por el Consejo de Asociación Médica Americana, como una herramienta viable de diagnóstico desde 1987 y fue reconocido recientemente por la Academia Americana de Médicos de imágenes por infrarrojos. Diversos grupos y asociaciones promueven la correcta aplicación de la termografía en la práctica de la medicina deportiva. Existen varias aplicaciones de termografía infrarroja médica en el campo de la medicina humana, tales como trastornos neurológicos, cirugía de corazón abierto, enfermedades vasculares, síndrome de distrofia simpática refleja, problemas de urología y detección de fiebre masiva.

La termografía medica infrarroja, es una herramienta de análisis no invasivo, no emite radiación y se utiliza para el análisis de las funciones fisiológicas relacionadas con el control de temperatura de la piel. Esta tecnología en rápido desarrollo se utiliza para detectar y localizar anomalías térmicas, caracterizadas por el aumento o disminución de temperatura en la superficie de la piel.

La reducción de la temperatura cutánea se ha asociado con los trastornos musculoesqueléticos, de hecho un patrón de piel fría alrededor de los esquinces de tobillo indica un mal pronóstico y un tiempo de recuperación largo. [6]

3 Métodos y materiales

3.1 Diseño del experimento

Para poder cumplir con los objetivos planteados es necesario diseñar un experimento que nos permita establecer si existe una relación ya sea positiva o negativa entre los desordenes de trauma acumulado y los cambios de temperatura en la superficie de la piel, definir el proyecto de la siguiente forma:

Realizar un diseño de trabajo que incluya los siguientes factores: frecuencia de trabajo, fuerza y postura, en adición a esto dado el objetivo del proyecto considerar también el género que realizará la actividad y tomar las temperaturas, para la obtención de datos.

4 Referencias

1. Frivalds, Andris. *Niebel's Methods, Standars and Work Design*. s.l. : McGraw-Hill, 2009.
2. *Applied Ergonomics*. Kroemer, Karl, Kroemer, Henrike and Kroemer-Elbert, Katrin. 1989, Elsevier Science.
3. *Infrared Thermography: Experience from a decade of pediatric imaging*. Saxena, Amulya K. and Willital, Günter H. 2007, Springer-Verlag.
4. statistics, Bureau of labor. Bureau of labor statistics. [Online] 2009. www.bls.gov.

5. Schneider, Elke, et al. OSHA in figures: work-related musculoskeletal disorders in the EU - facts and figures. Luxemburgo : s.n., 2010.
6. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. Hildebrandt, Carolin, Raschner, Christian and Ammer, Kurt. 2010, Sensors, pp. 4700-4715.

Vibraciones en Extremidades Superiores: Aplicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001

Yoselinda López Montiel, Enrique de la Vega Bustillos

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo
yoselindalm@yahoo.com; en_vega@ith.mx

Resumen: La exposición ocupacional a las vibraciones es común, particularmente cuando se está en contacto con máquinas, vehículos y equipo que producen vibraciones en el lugar de trabajo. Una persona está expuesta a la vibración cuando entra en contacto con la fuente directa, la cual usualmente transmite la energía al cuerpo humano a través de las manos o los pies. La importancia de la vibración en términos de exposición ocupacional, es porque es capaz de causar enfermedades musculoesqueléticas, en la medida en que la vibración se pueda controlar la enfermedad podrá ser prevenida.

1 Introducción

La vibración es un movimiento oscilatorio simple o complejo. La exposición ocupacional a las vibraciones es común, particularmente cuando se está en contacto con máquinas, vehículos y equipo que producen vibraciones en el lugar de trabajo. Una persona está expuesta a la vibración cuando entra en contacto con la fuente directa, la cual usualmente transmite la energía al cuerpo humano a través de las manos o los pies. La vibración en manos y los brazos es transmitida por las manos a través del contacto directo con la fuente de vibración. (1)

1.1 Planteamiento del problema

Se sabe con base en estudios realizados en Estados Unidos (2) que el síndrome de vibraciones en manos y brazos es una enfermedad ocupacional común. En México no existen informes por parte de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) acerca de reportes de este tipo de síndrome en años anteriores. (3)

1.2 Objetivo

El objetivo de esta investigación es el de aplicar la Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001, la cual establece los límites máximos permisibles de exposición así como las

condiciones mínimas de seguridad con las que deben de contar los centros de trabajo donde se generen vibraciones en extremidades superiores.

1.3 Justificación

Conocer los efectos que ocasiona en las extremidades superiores la exposición a herramientas o trabajos que generen vibraciones excesivas o fuera de lo que se establece en la Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001, ayudará a prevenir enfermedades tales como el HAVS, así como la pérdida de destreza y coordinación al desempeñar tareas

2 Marco teórico

Según la NOM-024-STPS las vibraciones son movimientos periódicos u oscilatorios de un cuerpo rígido o elástico desde una posición de equilibrio. Las vibraciones en extremidades superiores son el fenómeno físico que se manifiesta por la transmisión de energía mecánica por vía sólida, en el intervalo de frecuencias desde 8 hasta 1600 Hz, a las extremidades superiores del personal ocupacionalmente expuesto. De acuerdo con la NOM-024-STPS-2001 dependiendo del tiempo de exposición, se establecen los valores máximos permitidos de aceleración ponderada, mismos que deben calcularse (4)

Tiempo total de exposición a vibraciones, en horas	Valores cuadráticos medios dominantes de la componente de las aceleraciones de frecuencia ponderada que no deben excederse (*)
	ak, en m/s ²
De 4 a 8	hasta 4
De 2 a 4	hasta 6
De 1 a 2	hasta 8
Menor de 1	hasta 12

(*) Nota: Comúnmente, uno de los ejes de vibración domina sobre los dos restantes. Si uno o más ejes de vibración sobrepasan la exposición total diaria, se han sobrepasado los valores de los límites máximos de exposición. (Fuente: NOM-024-STPS-2001)

2.1 Procedimientos de evaluación de las vibraciones

De acuerdo con lo establecido en NOM-024-STPS-2001, además de los instrumentos de medición, se requiere que los instrumentos de medición cuenten con documentación de calibración por parte de un laboratorio certificado. La norma también indica que los puntos de medición se deben localizar en las asas o manuales de las herramientas y equipo. En cada punto de medición, se localizan tres ejes ortogonales, cercanos al punto de contacto de las vibraciones con la mano, de acuerdo a los sistemas de coordenadas biodinámicas y basicéntricas que se muestran en la figura 1, en los que se realizan las mediciones continuas de la aceleración y se registran al menos durante un minuto, en cada una de las bandas de tercios de octava. (4)

3 Métodos y materiales

El experimento se llevará a cabo en el campo y no en un laboratorio debido a que el objetivo de esta investigación es la aplicación de la Norma Oficial Mexicana. El objetivo de la norma es establecer los límites máximos permisibles de exposición y las condiciones mínimas de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen vibraciones que, por sus características y tiempo de exposición, sean capaces de alterar la salud de los trabajadores. Debido a esto, se seguirá el programa para la prevención de alteraciones a la salud del personal ocupacionalmente expuesto. (4)

4 Referencias

1. Somadepti N. Chengalur, Suzanne H. Rodgers, Thomas E. Bernard. Kodak's Ergonomic Design for People at Work. New Jersey : Eastman Kodak Company, 2004.
2. NIOSH. Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Hand-Arm Vibration. Cincinnati, Ohio : NIOSH, 1989.
3. IMSS. Memorias estadísticas del IMSS. 2007.
4. STPS. Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001. Mexico, D.F. : Diario Oficial de la Federación, 2002.

Estudio de las características antropométricas de la población laboral de la industria automotriz del noroeste de México

Karla Patricia Lucero Duarte, Enrique de la Vega Bustillos

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Hermosillo, Sonora
kalucero00@hotmail.com; en_vega@ith.mx

Resumen: Debido a la falta de información antropométrica en el noroeste de México, hicimos un estudio antropométrico que representa las características físicas de la población y que es confiable para el diseño o rediseño de puestos de trabajo. El estudio se dividió en dos fases. La primera fue realizar el estudio antropométrico de 2900 trabajadores de la industria automotriz en el noroeste de México. El estudio incluye 40 dimensiones del cuerpo de 2345 hombres y 555 mujeres. Este estudio es personalizado para ser utilizado en futuras investigaciones. La segunda fase incluye la comparación de los resultados con las características antropométricas de cuatro estudios realizados en México y un estudio de Colombia. Los beneficios de este proyecto son: la creación de una base de datos confiable de características antropométricas de la población de la industria automotriz para el diseño de estaciones de trabajo o rediseño que coinciden con las características de los usuarios; además ayuda a incrementar la calidad de los productos y a reducir las quejas económicas, médicas y sindicales.

Palabras clave: Ergonomía, antropometría y Diseño de estaciones de trabajo.

1 Introducción

La principal herramienta para los diseñadores de los puestos de trabajo son los datos antropométricos que proveen información crítica de las dimensiones del cuerpo, desafortunadamente, en México existen muy pocos estudios de este tipo y los que existen son muy regionalizados, los tamaños de muestra son muy pequeños o solo proveen información para hombres o mujeres. Este es el caso de Ávila et al [1] que presentó un estudio solo para la región de Guadalajara, área metropolitana de México. Lavander et al [2] presentó un estudio de 21 medidas antropométricas en 87 mujeres trabajadoras de la industria maquiladora en la frontera de México - EE.UU. Liu et al [3] presentó un estudio de sólo 12 medidas antropométricas en 110 mujeres trabajadoras en la industria

maquiladora en la frontera de México – EE.UU. Estos dos últimos estudios se realizaron en la zona noroeste de México.

En este artículo se presentan resultados de 40 mediciones antropométricas de trabajadores de la industria automotriz, hombres y mujeres. Esta información es comparada con las características antropométricas de la población reportada en Guadalajara, León Guanajuato, Ciudad de México y Colombia.

2 Métodos y materiales

2.1 Métodos

Hasta el momento 2,345 hombres y 555 mujeres operadores fueron seleccionados para participar en esta encuesta. Todos son empleados en alguna facilidad de la industria automotriz del noroeste de México. Por lo tanto, la muestra se limita a un segmento de la población regional. Todos los empleados fueron medidos utilizando ropa ajustada y sin zapatos. Las mediciones se realizaron por el lado derecho del cuerpo. La información obtenida para cada medición se encuentra definida en la tabla I. Donde las dimensiones medidas son consistentes con las que se resumen de la NASA [4], el número de dimensión fue proveído. Los resultados fueron analizados con el software estadístico Minitab®.

2.2 Equipo

Para medir la longitud y amplitud de los diferentes segmentos del cuerpo, se utilizaron herramientas estándar para las mediciones antropométricas, incluyendo vernier y antropómetros. Para realizar la medición de diámetro de agarre de la mano dominante se utilizó un cono graduado. La fuerza de agarre máxima se midió utilizando un dinamómetro de mano y se estableció el ancho en 5 cm. El peso se midió utilizando la báscula de médico. Las circunferencias se midieron con una cinta de plástico graduada en milímetros.

2.3 Sujetos

La edad promedio y desviación estándar fueron 30.24 y 7.04 años para mujeres y 33.51 y 8.19 años para hombres respectivamente. La media y desviación estándar del peso fueron 81.21 Kg y 12.24 Kg para hombre y 69.52 Kg y 11.73 Kg para mujeres respectivamente. La muestra presentada en este estudio es representativa de los trabajadores de la industria automotriz del noroeste de México.

2.4 Resultados

La tabla I resume las características antropométricas de la muestra por género. La media y desviación estándar de la estatura para esta muestra fue de 173.47 cm y 6.52 cm para hombre y 163.29 cm y 5.87 cm para mujer respectivamente sin zapatos. La tabla I además muestra los valores de cada dimensión del cuerpo al 5th, 50th y 95th percentil.

2.5 Comparación con otras poblaciones

Al hacer la comparación del estudio con datos de otras poblaciones, con las mediciones de pie, muestra que existe una diferencia significativa entre los datos. Se anexa tabla 2 con el comparativo.

2.6 Discusión

Este artículo presenta 40 mediciones esenciales del cuerpo para el diseño de estaciones de trabajo, herramientas, ropa o equipo de protección personal. Basado en los resultados obtenidos de la comparación de los datos con otras poblaciones, podemos concluir que los trabajadores del noroeste de México son más altos. Finalmente el rango y promedio de edad de este estudio es de 18 a 61 años y 32.89 años es similar a los otros estudios presentados.

3 Referencias

1. Dimensiones antropométricas, población latinoamericana, Avila et al, 2007 Ed universidad de Guadalajara.
2. A study of female mexican anthropometric measures useful for workstation design in light manufacturing facilities. Lavander S et al. 2002, AIHA Journal. 63:300–304
3. Anthropometry of female maquiladora workers, Liu W. C. 1999, International Journal of Industrial Ergonomics. 24:273–280
4. Anthropology Research Project 1978 Anthropometric Source Book, Vol. I: Anthropometry for Designers, NASA. NASA (National Aeronautics and Space Administration), 1978. Reference Publication 1024' Webb Associates (Ed.). National Aeronautics and Space Administration Scientific and Technical Information Office, Houston, Texas, USA.

Anexos
Tabla 1.

	HOMBRE				MUJER			
	Promedio	Desv. Est	5%	95%	Promedio	Desv. Est	5%	95%
Estatura	173.47	6.52	162.84	184.00	163.29	5.87	153.94	172.50
Altura al ojo	162.58	6.50	152.50	173.30	151.86	5.68	142.50	160.50
Altura al hombro	144.75	6.39	135.70	154.10	135.79	5.21	127.57	144.06
Altura codo	111.69	4.80	104.30	119.50	105.23	4.97	98.50	112.40
Altura cintura	104.29	5.84	95.00	114.00	99.01	5.77	89.50	108.23
Altura gluteo	78.50	4.39	71.50	85.60	74.46	3.93	68.04	80.83
Altura a la muñeca	86.20	4.49	79.60	93.30	81.94	4.12	75.27	88.23
Altura al dedo medio	67.57	3.76	61.70	73.70	64.66	3.47	59.57	70.13
Ancho de los brazos ext lat	176.46	7.13	164.70	188.48	161.89	6.50	151.57	172.00
Ancho de los codos con las manos al centro del pecho	82.68	7.86	71.20	94.60	75.40	7.24	64.77	86.30
Largo del brazo respecto a la pared	87.60	4.26	80.72	94.68	81.05	3.93	75.14	87.60
Distancia de la pared al centro del puño	77.96	4.05	71.60	84.60	72.11	3.80	66.10	78.10
Circunferencia del pecho	102.76	8.35	90.00	117.16	96.49	7.13	86.00	108.00
Circunferencia de la cintura	96.05	9.65	81.00	112.96	88.99	11.09	72.00	109.00
Circunferencia de la cadera	103.56	6.75	93.00	115.00	104.96	8.34	93.00	120.00
Longitud de la mano	18.82	0.88	17.40	20.20	17.48	0.79	16.20	18.80
Longitud de la palma	10.77	0.66	9.80	11.70	10.00	0.56	9.10	11.00
Ancho de la palma	8.79	0.50	8.00	9.60	7.81	0.51	7.10	8.70
Diametro de agarre interior	48.11	3.87	42.00	54.00	45.62	3.63	40.00	52.00
Sentado altura	89.58	3.21	84.30	94.80	85.26	3.08	80.07	90.23
altura al ojo	78.77	3.65	72.80	84.70	73.92	3.21	68.94	78.90
altura al hombro	61.27	3.32	56.20	66.58	58.27	2.84	54.00	63.06
altura al codo	26.55	2.96	21.62	31.20	26.77	2.77	22.10	31.30
altura al muslo	15.09	1.79	12.40	18.10	14.76	2.10	11.50	18.20
Del asiento al dedo medio con el brazo hacia arriba	134.21	5.32	125.60	143.00	124.96	4.49	117.47	132.30
Altura al centro del puño con el brazo extendido hacia arriba	124.20	5.07	115.92	132.48	115.84	4.29	108.87	122.80
altura de la cabeza al suelo	132.28	4.33	125.30	139.50	125.77	4.43	118.20	132.63
altura del suelo al asiento	42.32	2.40	38.40	46.28	40.37	2.69	36.00	44.50
Altura del suelo a la parte posterior de la rodilla	47.94	3.23	43.00	53.20	47.34	3.25	42.50	52.46
Altura del suelo a la rodilla	59.41	3.61	53.82	65.10	57.60	3.51	52.07	63.43
Longitud de la parte posterior de la rodilla al respaldo	44.31	3.10	39.60	49.78	42.68	2.74	38.47	46.76
Longitud de la rodilla al respaldo	53.74	3.10	48.82	58.88	51.31	2.89	47.00	55.73
Longitud del codo al dedo medio	46.96	2.21	43.50	50.50	43.13	2.39	40.10	46.40
Ancho de la espalda	43.77	2.71	39.50	48.30	39.31	2.30	35.70	43.50
Ancho de la cadera sentado	36.77	2.84	32.40	41.40	39.04	3.61	33.60	45.00
Ancho de los muslos con las rodillas juntas	32.82	3.24	27.90	38.10	35.10	4.37	28.27	42.10
Altura del suelo al punto con el brazo extendido hacia arriba	214.77	9.80	199.12	232.00	196.66	8.36	184.00	211.00
Longitud desde el ombligo al puño con el brazo hacia arriba	110.49	10.17	94.80	126.00	97.68	8.18	86.57	112.30
Fuerza de la mano	46.03	7.88	32.00	58.04	27.50	8.16	12.00	39.00

Estudio de las características antropométricas de la población laboral de la industria automotriz del
 noroeste de México 65

Tabla 2.

Comparaciones de los datos antropométricos del sexo masculino con otras poblaciones										
Dimension		De pie					Sentado			
		Estudio actual n=2,345	Colombia Estrada n=487	Guadalajara Avila n=396	Leon Avila n=509	Mexico city, Avila n=974	Estudio actual n=2,345	Colombia Estrada n=487	Guadalajara Avila n=396	Leon Avila n=509
Estatura	Media	173.47	170.1	167.5	164.37	164.758	89.58	89	87.6	85.59
	SE	6.52	6.52	6.28	6.03	5.644	3.21	3.31	3.117	1.22
Altura al ojo	Media	162.58	159.1	155	152.73	154.75	78.77	78.6		74
	SE	6.5	6.36	6.18	5.91	5.873	3.65	3.31		3.17
Altura al hombro	Media	144.75	138.6	138	135.92	137.269	61.27	58.8	58.1	57.15
	SE	6.39	5.72	5.849	5.52	5.634	3.32	2.78	2.763	2.85
Altura codo	Media	111.69	107	106.8	101.06	103.119	26.55	23.6	24.6	22.22
	SE	4.8	8.7	5.502	4.59	4.951	2.96	2.42	2.836	3.02

Comparaciones de los datos antropométricos del sexo Femenino con otras poblaciones										
Dimension		De Pie					Sentado			
		Estudio Actual n=555	Colombia, Estrada n=233	Guadalajara, Avila n=204	Lavander n=87	Liu n=110	Estudio Actual n=555	Colombia, Estrada n=233	Guadalajara, Avila n=204	
Estatura	Media	163.29	156.9	156.7	156.3	153.5	85.26	83.7		83.2
	SE	5.87	5.8	5.292	5.2	5.5	3.08	2.8		2.742
Altura al ojo	Media	151.86	146.3	144.9	145.1	142.8	73.92	73.4		
	SE	5.68	5.665	5.242	4.9	5.6	3.21	2.82		
Altura al hombro	Media	135.79	128	129.1	129.5		58.27	55.4		55.1
	SE	5.21	5.05	4.917	4.7		2.84	2.3		2.295
Altura codo	Media	105.23	98.9	100.4	97.2	95.6	26.77	23.3		25
	SE	4.97	4.04	3.889	4.1	3.8	2.77	2.06		1.52

Modelo de Seguridad Industrial basada en la localización y sensible al contexto (Poka Yoke Ambiental)

Ana Margarita Cruz Zazueta, Jorge David Gutiérrez Cota, Cesar Enrique Rose Gómez

División de Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Tecnológico,
Hermosillo, Son., México.
ing.anmar.cruz@gmail.com, xjorgedavid@gmail.com, crose@ith.mx

Abstract. La seguridad industrial se ve afectada debido a la tendencia humana de cometer errores, esto ocasiona repercusiones tanto de calidad, de dinero, de esfuerzo y de tiempo para las empresas, así como de salud y bienestar para los trabajadores. En el presente trabajo, se describen los elementos que componen el sistema, en base al cual se creará un modelo de seguridad industrial basado en la localización y sensible al contexto, que será capaz de aumentar la seguridad industrial, adaptando su funcionamiento a cambios inesperados y monitoreando la interacción con el operador humano, por medio de una interfaz inteligente con sensores de movimiento, para lograr imposibilitar el error humano así como resaltar el error cometido, dentro de un ambiente de inteligencia ambiental.

Palabras Clave: Seguridad Industrial, Sensible al Contexto, Poka Yoke Ambiental, Seguimiento de Trayectoria, Seguimiento de Extremidades, Interfaces Humano-Computadora, Agentes Inteligentes.

1 Introducción

El humano por naturaleza tiende a cometer errores, que traen repercusiones tanto en la calidad de su trabajo como en la seguridad misma de la persona. En la industria, dichas repercusiones van desde el incremento de pagos por parte de la empresa al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), hasta la necesidad de contratar y entrenar nuevo personal. Generalmente se cuenta con supervisores, que entre sus múltiples actividades está el cuidado de la seguridad, pero su vigilancia es eventual.

El diseño de un modelo de seguridad industrial basada en la localización y sensible al contexto, está orientado al aumento de la seguridad, adaptando su funcionamiento a cambios inesperados y monitoreando, en todo momento, la interacción con el operador humano por medio de una interfaz inteligente con sensores de movimiento.

2 Marco teórico

2.1 Seguridad Industrial

La Seguridad Industrial según el Art. 123 de la Ley Suprema, y en las normas oficiales de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), busca anticipar, reconocer, evaluar y controlar factores de riesgo que ocasionen accidentes de trabajo en la industria.

Entonces, la seguridad en el lugar de trabajo tiene como objetivo principal reducir el número de accidentes, los cuales dan como resultado la aparición de lesiones y la pérdida de bienes [1].

Los sistemas de seguridad industrial inteligente, monitorizan en todo momento el estado de sus componentes y la interacción con el operador humano. En el caso de que se dé una situación de peligro, el sistema reaccionará adecuadamente para proteger al humano [2].

2.2 Interfaces Humano-Computadora

La Interacción Humano-Computadora (HCI), es el estudio de la interacción entre el humano, las computadoras y las tareas que se desarrollan; principalmente se enfoca a conocer cómo la gente y las computadoras pueden interactuar para llevar a cabo tareas por medio de un sistema y un software [3].

Para dicha interacción se puede utilizar la Interfaz Humano Computadora, que busca que el usuario pueda manejar fácil y efectivamente las funciones que se le presentan; establece funciones y controles adecuados para permitir el uso óptimo del sistema; y establece una apariencia visual y una distribución adecuada de los elementos que forman la aplicación [4].

2.3 Agentes Inteligentes

Un agente es un sistema situado dentro o como parte de un medio ambiente, que censa tal medio ambiente y actúa sobre él, por un tiempo, en persecución de su propia agenda y afectando así lo que censará en el futuro. Posee características básicas como la autonomía, la cooperatividad, la reactividad y la iniciativa [5].

Los agentes inteligentes, además de poseer las características básicas poseen características complementarias como la inteligencia, que se traduce en su habilidad para aprender, representar, razonar, inferir, sugerir, ayudar y asistir, para lo cual debe ser racional, coherente y adaptable [6].

3 Descripción del problema

Debido a las tendencias humanas a cometer errores voluntarios e involuntarios al realizar el trabajo, se pueden producir fallas por descuido, por falta de atención o de memoria, por equivocaciones o por violación de las normas, que al no ser detectados o imposibilitados podrían afectar tanto la calidad del producto como la seguridad del trabajador.

El IMSS resalta que entre los empleos identificados como de mayor riesgo, desde el punto de vista de la prevención, son empleos de apoyo a los servicios de producción como los operadores de máquinas y herramientas. Además, cuando un operador se enferma o accidenta por causas laborales, la empresa tiene repercusiones como el incremento de las cuotas de pago al IMSS, así como la necesidad de cubrir al trabajador o contratar a uno nuevo y entrenarlo.

En el ámbito de la inteligencia ambiental, la mayoría de los sistemas que se han desarrollado han sido de aplicación en entornos domésticos, con menor aplicación en entornos industriales, aun cuando presentan ventajas muy interesantes en áreas como la Seguridad Industrial [7].

4 Desarrollo

A partir de lo anterior, se tiene como objetivo el diseño de un modelo de Seguridad Industrial basado en la localización y sensible al contexto, capaz de aumentar la seguridad industrial, adaptando su funcionamiento a cambios inesperados y monitoreando la interacción con el operador humano por medio de una interfaz inteligente con sensores de movimiento, para lograr imposibilitar el error humano así como resaltar el error cometido, dentro de un ambiente de inteligencia ambiental.

El modelo de Seguridad Industrial basada en la localización y sensible al contexto, partirá del análisis de los diferentes elementos del sistema que se muestran en Figura 1 y que se describen a continuación.

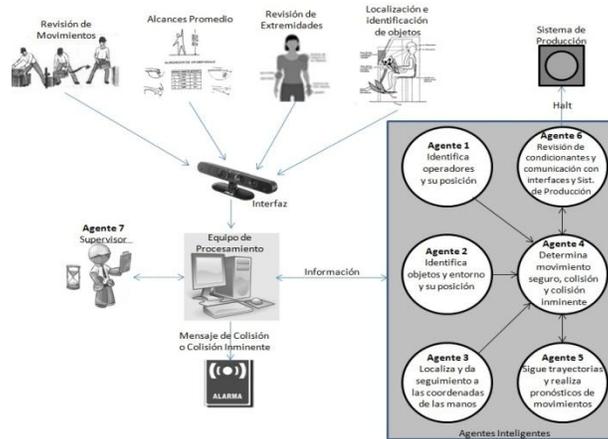


Fig. 1. Diagrama de elementos del sistema.

4.1 Seguimientos

Primeramente, por medio de las interfaces se efectúa un seguimiento del trabajo del operador, para poder identificar los movimientos que realiza y el alcance promedio que maneja, para ponerse en contacto con los objetos de su entorno.

Además, se realiza una revisión de las extremidades del operador, así como la localización e identificación de los objetos que se encuentran en su área de trabajo.

4.2 Interfaz

Entre las posibles interfaces a utilizar se encuentran los controladores Kinect y Xtion Pro, sin descartar la posibilidad de utilización de cámaras web.

Por medio de la cámara de Kinect y Xtion Pro es posible capturar las coordenadas de la posición del operador, así como de los movimientos que realiza. Dicha información es enviada al equipo de procesamiento.

4.3 Equipo de procesamiento

El equipo de procesamiento recibe las coordenadas enviadas por la interfaz y se las envía a los agentes. Una vez procesada la información por los agentes, el equipo recibe información de éstos para decidir el tipo de mensaje a emitir.

4.4 Agentes

Hasta el momento se ha considerado la utilización de siete agentes cuyas funciones son:

- Agente 1. Identificar a los operadores y su posición.
- Agente 2. Identificar los objetos así como el entorno, y su respectiva posición.
- Agente 3. Localizar y dar seguimiento a las coordenadas de las manos del operador.
- Agente 4. Determinar en base a la información enviada por todos los demás agentes, si existe una colisión, una colisión inminente o el movimiento es seguro.
- Agente 5. Seguir las trayectorias y realizar pronósticos de los movimientos del operador. La utilización de este agente aun es considerada opcional.
- Agente 6. Realizar una revisión de condicionantes y mantener una comunicación con las interfaces: gráficas, auditivas, de entrada., además de mantener una comunicación con el sistema de producción para indicar un paro (Halt) en caso de una colisión.
- Agente 7. Es el usuario supervisor, que revisa eventualmente la información proporcionada por el equipo.

4.5 Mensaje

En base a la información recibida por parte de los agentes, el equipo de procesamiento emitirá un mensaje que puede ser de tres tipos: movimiento seguro, colisión, y colisión inminente, los últimos dos activarán una alarma y la colisión dará lugar al paro del sistema de producción.

El movimiento seguro indica que no existe ningún problema con el trabajo que está realizando el operador, la colisión indica que el trabajador ha sufrido un accidente en su entorno, y la colisión inminente indica que el trabajador está a punto de sufrir un accidente de acuerdo a los movimientos que está realizando y a los objetos que se encuentran en su entorno.

5 Resultados

Hasta el momento ya se han definido los elementos del sistema y se cuenta con información acerca de los diferentes tipos de modelos que se consideran como opción para el desarrollo del proyecto, entre las propuestas está la lógica difusa y los algoritmos genéticos.

En lo que se refiere a las interfaces, se está trabajando en la verificación de seguimientos de usuarios y sus extremidades mediante el análisis de controladores como el Kinect y el Xtion Pro, sin descartar la utilización de cámaras Web, para encontrar las interfaces que se integren mejor al modelo.

Se cuenta con un equipo de personas en el apoyo tanto del análisis de las capacidades de las diferentes interfaces, así como en el desarrollo del programa. El siguiente paso es la creación del modelo.

6 Conclusiones

En el presente trabajo, se hizo un análisis de los elementos que componen el sistema como base para la creación del modelo de Seguridad Industrial, donde se integran interfaces humano-computadora con sensores de movimiento y agentes inteligentes, para lograr aumentar la seguridad y adaptar el funcionamiento del modelo a cambios inesperados, y así lograr imposibilitar el error humano así como resaltar el error cometido, dentro de un ambiente de inteligencia ambiental.

Hasta el momento ya se ha realizado un avance en la programación de las interfaces, la continuación del trabajo consiste en la creación y programación del modelo, y su integración con las interfaces, además de la realización de pruebas de campo para su evaluación, así como la presentación final de resultados.

7 Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de CONACYT con la beca para los estudios de maestría al primer autor.

8 Referencias

1. Niebel, B., & Freivalds, A. Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. México: Mc. Graw Hill. 2009
2. Rose Gómez, C. E. ¿Inteligencia Ambiental en Empresas Industriales y de Servicios? Hermosillo, Sonora. VORTEX 2010, Instituto Tecnológico de Hermosillo.2010
3. Martínez de la Teja, G. M. Ergonomía e interfasesde interacción humano- computadora. IX Congreso Internacional de Ergonomía (pp. 1-8). México, D.F.: Sociedad de Ergonomistas de México A.C.2007
4. Abud Figueroa, M. A. Diseño de Interfaces Humano-Computadora en Aplicaciones de Software Educativo. Revista UPIICSA , 41-42. 2006
5. Narciso, F., Rodriguez, W., & Rojas, L. Estudio de la aplicabilidad de los agentes inteligentes en las interfaces de usuario. Ciencia y Tecnología , 19-24. 2007
6. Wooldridge, M. An Introduction to Multiagent Systems. Inglaterra: John Wiley and Sons.2002
7. Corrales, J. Localización en Entornos Industriales Inteligentes.2007

Aplicación del Análisis de Componentes Principales para fundamentar el diseño del mobiliario escolar de primarias de Navojoa, Sonora, caracterizando la antropometría de los estudiantes

Carlos Anaya Eredias, Rolando Flores Ochoa y Luis Manuel Lozano Cota

Universidad de Sonora, Depto. de Ingeniería Industrial
canaya@industrial.uson.mx; {rflores, mlozano}@navojoa.uson.mx

Resumen. Actualmente en las Escuelas Primarias de Navojoa, Sonora, y en la mayoría de los estados de la Republica Mexicana se utiliza un mesabanco que no es diseñado de acuerdo a la antropometría de los estudiantes. Considerando que los alumnos pasan alrededor de 5 horas sentados, factores como el cansancio, estrés musculo – esquelético entre otros, pueden afectar no solo la salud sino el desempeño escolar. En el presente estudio se aplica la técnica de Análisis de Componentes Principales para fundamentar el diseño del mobiliario escolar y se ajuste a consideraciones estadísticas basadas en la correlación observada en la antropometría de los estudiantes, para lo cual se tomo de las 50 primarias urbanas de Navojoa una muestra de 600 alumnos de 1^{ro} a 6^{to} grado a los que se les toman mediciones de un grupo de 24 variables con equipo antropométrico. Hasta el momento el estudio se encuentra en la fase de medición de variables antropométricas.

Palabras clave: Análisis de Componentes Principales, Ergonomía, Mobiliario Escolar

1 Introducción

Hoy en día en materia de educación no se ha dado importancia a factores ergonómicos en las aulas de educación primaria, considerando que el calor, ruido, iluminación, estrés músculo – esquelético entre otros factores influyen en el aprovechamiento del alumnado, siendo el estrés musculo – esquelético un factor de interés ya que las molestias, cansancio, malas posturas y distracción afectan el rendimiento escolar de los alumnos.

Actualmente Navojoa, cuenta con 139 primarias con 46688 alumnos con algún grado aprobado en primaria [1], de las cuales, 50 son escuelas primarias públicas urbanas con aproximadamente 13825 alumnos inscritos.

Para lograr un diseño óptimo de un área de trabajo que se adecue a la tarea y a la persona, es necesario tomar en cuenta las características antropométricas del ser humano en el proceso del diseño [2].

2 Marco Teórico y Trabajo Previo

En la actualidad en México no existe una Norma Oficial Mexicana (NOM) que establezca las dimensiones que deben contemplarse en el diseño del mobiliario escolar. Este problema no se presenta solo en México, en Portugal hasta el momento es necesario la utilización de 4 tipos de mobiliarios en aulas de clase de primer ciclo portugués (1º- 4º), lo que difiere ampliamente de los 2 observados durante el estudio y que están basados en las medidas antropométricas alemanas [3].

2.1 Análisis de Componentes Principales (ACP)

El ACP es una técnica estadística de síntesis de la información. Este método reduce las variables de un banco de datos a un número menor, eliminando las variables que aportan una cantidad limitada de información importante para el caso analizado.

Un problema central en el análisis de datos multivariantes es la reducción de la dimensionalidad: si es posible describir con precisión los valores de p variables por un pequeño subconjunto $r < p$ de ellas, se habrá reducido la dimensión del problema a costa de una pequeña pérdida de información [4].

2.2 Tamaño muestral

La discusión de la potencia estadística demuestra que el impacto sustancial del tamaño muestral opera en la consecución de la significación estadística, tanto en tamaños muestrales grandes como pequeños.

Generalmente el investigador no usará el ACP para una muestra inferior a 50 observaciones, y preferiblemente el tamaño muestral debería ser 100 o más grande [5].

2.3 Consideraciones Ergonómicas

Una parte muy importante a la hora de diseñar una estación de trabajo u oficina es considerar la mayor cantidad de variables (medidas antropométricas) para tener un diseño óptimo. Cuando un usuario se sienta busca un apoyo corporal estable. Con ello consigue un mayor control de los movimientos y una mayor capacidad visual, necesarios para determinadas tareas. Además la actividad muscular y las tensiones internas se ven reducidas, lo que le proporciona un mayor descanso [6].

La figura 1 muestra la relación existente entre los factores que se deben considerar para obtener una buena postura de trabajo.



Fig. 1. Factores a considerar para una buena postura

3 Descripción del Problema

En el contexto escolar se debe empezar a trabajar para lograr que el mobiliario de las aulas sea cada vez más confortable tanto para académicos como para alumnos, con la finalidad de mejorar el nivel de enseñanza aprendizaje, por lo que se define el siguiente problema:

Existe el desconocimiento de los patrones a considerar en el fundamento del diseño ergonómico del mobiliario escolar basado en la antropometría de los alumnos.

3.1 Objetivo General

Determinar los patrones o clases de individuos en función de las medidas antropométricas mediante la aplicación del ACP, para que el diseño se ajuste a consideraciones estadísticas fundamentadas en la correlación observada.

3.1.1 Objetivos Específicos.

- Identificar los patrones de medidas antropométricas que expliquen el 60% de la varianza total.
- Determinar las dimensiones que se deben considerar en el diseño del mobiliario de acuerdo con los patrones que caracterizan a la población.
- Evaluar si el diseño del mobiliario actual se ajusta a los patrones que describen a la comunidad estudiantil.

4 Desarrollo de la Solución

Para fundamentar el diseño del mobiliario escolar (mesabanco) es necesario seleccionar una población objetivo para analizar. La figura 2 muestra el modelo conceptual para lograr el fundamento del mobiliario escolar a partir de una población objetivo.

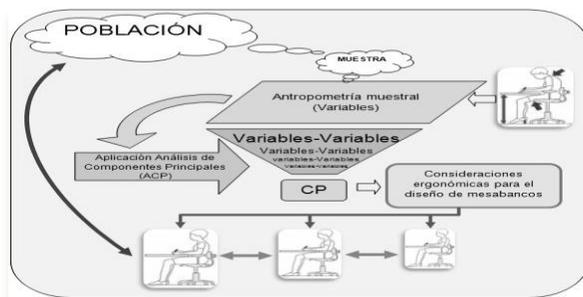


Fig. 2. Modelo conceptual para fundamentar el diseño de mesabancos

Los sujetos incluidos en la muestra se determinaron una vez conocida la población de alumnos de primaria en la zona urbana, mediante la generación de números aleatorios $\sim U$, cada individuo se seleccionó en base a la escuela, grado y número de lista.

La tabla 1 ilustra la cantidad de alumnos por grado seleccionados como una muestra de la población.

Tabla 1. Cantidad de alumnos por grado

GRADO	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL
ALUMNOS	100	100	100	100	100	100	600

Las mediciones se tomaron del lado derecho de la persona, usando ropa ligera y ajustada, y se utilizaron equipos calibrados como antropómetros, cinta métrica y básculas.

5 Resultados Esperados

Una vez finalizado el trabajo se obtendrán los patrones que caracterizan a la población, mediante los cuales se determinarán las dimensiones que se deben considerar en el diseño del mobiliario escolar y estos se utilizarán para evaluar si el diseño del mobiliario actual se ajusta a los patrones que describen a la comunidad estudiantil.

6 Conclusiones

Con la aplicación del ACP para fundamentar el diseño del mobiliario escolar, se obtendrá uno o varios diseños que contemplen la antropometría de los usuarios finales.

El diseño permitirá que el alumnado este más cómodo, pudiendo reducir el estrés musculo esquelético y aumentar el rendimiento escolar.

7 Bibliografía

1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <http://www.inegi.org.mx>
2. Kevin Norton & Tim Olds. Antropométrica. Republica de Argentina. BIOSYSTEM Servicio Educativo. (1996)
3. Castellucci I, Gonçalves M, Arezes P. Consideraciones Ergonómicas de las Salas de Clases en Escuelas Portuguesas de Primer Ciclo. Cienc Trab. Oct-Dic; 11 vol. 34, pp. 184-187. (2009)
4. Peña Daniel. Análisis de Datos Multivariantes. Mc Graw Hill. España. (2002)
5. Hair JF Jr, Anderson RE, Tatham RL, Black WC. Análisis Multivariante. 5ª ed. Prentice Hall. Madrid, España. (2001)
6. Andersson G. B. J. Load on the spine during sitting. en “the Ergonomics of Working Postures” eds. Corlett N., Wilson J., Manenica I. 1986. 306 – 31. (1986)

Factores que Influyen en la Confiabilidad de la Medición de la Presión Arterial en los Servicios de Salud

Miguel Ángel López Arriquivez, Martín Chávez Morales y Luis Felipe Romero Dessens

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
{mlopez, mchavez, lromero}@industrial.uson.mx

Resumen. Los sistemas de medición en los servicios de salud deben garantizar que son confiables, que los valores obtenidos son los más cercanos a los valores reales, que permitan tomar decisiones adecuadas mediante la identificación de las condiciones actuales de los pacientes para que los diagnósticos y tratamientos proporcionados por los profesionales de la salud estén en concordancia con la condición de salud de los pacientes. En los sistemas de salud se cuentan con una diversidad de instrumentos; procedimientos, característica de los pacientes y personal necesarios para la realización de las mediciones lo cuales pueden tener una influencia significativa en los datos obtenidos presentado variabilidad con respecto a las condiciones de salud de los pacientes y que se puedan reflejar en información incorrecta lo que repercute en la toma de decisiones no adecuadas

Palabras claves: Presión arterial, Hipertensión, Sistema de Medición, Competencia de Personal

1 Introducción

Los sistemas de medición en los servicios de salud deben garantizar que son confiables, que los valores obtenidos son los más cercanos a los valores reales de los parámetros de salud de los pacientes, que permitan a los profesionales de salud tomar decisiones adecuadas mediante la identificación de las condiciones de los pacientes para que los diagnósticos y tratamientos proporcionados estén en concordancia con la salud de los pacientes. Las mediciones de la presión arterial, temperatura corporal y la frecuencia de los latidos del corazón en los pacientes, son tratados hoy en día como uno de los indicadores de la salud de los pacientes. Desde la antigüedad, la presencia del pulso arterial se ha entendido como un signo fundamental de la vida [1].

La medición de la presión arterial es el método principal para la detección de la hipertensión en los pacientes. Como es sabido, la hipertensión arterial (HTA) es una enfermedad crónica de gran relevancia en nuestro medio y de manejo fundamental en la atención primaria de salud. [2]

El Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud,[3] menciona que la importancia de la correcta medición de la presión arterial, reside en el hecho de que con un error sistemático de medición, como podría ser la subestimación de 5 mm/Hg de la presión arterial real, podría traducirse en que 21 millones de personas no están recibiendo tratamiento antihipertensivo, lo que significa que serán candidatos a la presentación de complicaciones por Hipertensión arterial. Por el contrario, un error sistemático de medición de 5 mm/Hg por arriba de la presión arterial real, podría clasificar erróneamente a 27 millones de personas como hipertensas cuando no lo son, y exponerlos a los riesgos que implica la prescripción de medicamentos antihipertensivos a estas personas que no lo requieren.

Debido a consideraciones tardías, que pueden ser ocasionados por una diferencia entre los resultados obtenidos en la medición realizadas bajo condiciones o apreciaciones no confiables y la medida real del paciente, donde el tratamiento no suele ser proporcionado hasta que las complicaciones que genera la hipertensión se presentan. Una vez que el paciente está hospitalizado, los médicos y los pacientes deben elegir entre una variedad de procedimientos terapéuticos iniciales, todo lo cual puede ser categorizado como invasivos o no invasivos [4].

2 Marco Teorico

En los servicios de salud las mediciones son significativas para el diagnóstico, tratamiento y el seguimiento de los pacientes. Las mediciones deben ser exactas, precisas y trazables, una discrepancia en estas consideraciones se reflejarían directamente en la calidad del servicio médico prestado a los pacientes, generando una incertidumbre en que las decisiones de los médicos sean las adecuadas y una inconformidad en los servicios de salud. Si una medición es muy precisa no implica, sin embargo, que sea necesariamente válida, es decir, si se realizan dos mediciones consecutivas de la presión arterial de un paciente con un esfigmomanómetro mal calibrado los valores obtenidos seguramente serán parecidos, aunque totalmente inexactos. [5]

La capacidad de los prestadores de servicios de salud, de hacer juicios confiables es de hecho una habilidad esencial y crítica. Por lo cual las mediciones de la presión arterial, debe identificar las condiciones actuales de los pacientes mediante una toma de decisiones confiables y que los diagnósticos generados estén en concordancia con el estado de salud de los pacientes. [6]

3 Descripción del Problema

Las mediciones proporcionadas por los instrumentos, utilizados comúnmente por servicios de salud, deben proporcionar la información que reflejen la condición actual de los parámetros de salud de los pacientes y mediante las cuales los profesionales de salud toman sus decisiones con respecto al diagnósticos y tratamiento necesario para cubrir las

necesidades de salud de los pacientes atendidos. Las mediciones realizadas por los profesionales de salud pueden ser influenciadas por diversos factores que generen una disminución de la confiabilidad de los resultados obtenidos en relación con la condición real de los pacientes, la toma de los datos son realizadas solo una vez, las condiciones de uso de los instrumentos son inadecuadas o no cuentan con una información visible de su calibración. Para evitar el diagnóstico equivocado de una Hipertensión arterial alta (HTA) se debería presentar al paciente como un proceso, no como el resultado de una única medida, donde cada una de las lecturas aisladas no tienen tanto significado como el promedio del conjunto de todas las lecturas. [7]

Por estos motivos los sistemas de salud deben contar con los instrumentos, procedimientos de uso, y programas de aseguramiento de la calidad de las mediciones adecuados, de acuerdo a sus características de los pacientes, las fuentes de variabilidad en una medición podrían ser debidas al mismo procedimiento (instrumentos de medida, factores ambientales), al observador (metodología de medición, déficit sensitivos) y debidas al sujeto observado. [8]

Tomando esto en consideración podemos establecer que las mediciones de salud pueden ser afectadas por los siguientes factores:



Fig. 1. Factores de influencia de la medición de la presión arterial

4 Desarrollo de la Solución

Para lograr los objetivos del presente proyecto de investigación se pretende obtener la siguiente información

A fin de adquirir la información de interés se elaborará una auditoría de sistema de medición de la presión arterial, y que a su vez nos permita obtener la información necesaria a fin de lograr los objetivos establecidos; que incluya:

De acuerdo a los resultados del inventario de instrumentos del hospital, realizar un muestreo donde se aplicara la técnica de muestreo de poblaciones finitas, lo cual nos

permita determinar la situación metrológica (confiabilidad de las mediciones) de los instrumentos utilizados normalmente para la medición de la presión arterial, con respecto También se evaluara el procedimiento de medición de la presión arterial, mediante observación de procedimiento de medición utilizado por el personal médico, que nos permita desarrollar un procedimiento estandarizado. Así como la identificación de temas metrológicos de capacitación para el personal medico

5 Resultados

El aseguramiento de los resultados de las mediciones de presión arterial tiene como objetivo proporcionar datos que permitan obtener la información de las condiciones de salud de los pacientes, que sean de utilidad en la toma de decisiones médicas, mediante la utilización de instrumentos con las características metrológicas adecuadas, la utilización de procedimientos estandarizados, en condiciones ambientales adecuadas y por personas con la suficiente competencia técnica para la realización de esta actividad que nos generen una confiabilidad en las decisiones tomadas.

6 Conclusiones

Por lo cual la realización de un diagnóstico de las condiciones de utilización de los instrumentos para la medición de la presión arterial en los servicios de salud nos pueden permitir el diseño de procedimientos de aseguramiento metrológico de las mediciones, permitiendo que estas mediciones puedan ser confiables y logrando que el personal médico tome su decisiones de forma precisa y que pueda repercutir en una mejora en la salud de sus paciente.

7 Referencias

- [1] Avolio Alberto P, Butlin Mark and Walsh Andrew 2009, Arterial blood pressure measurement and pulse wave analysis—their role in enhancing cardiovascular assessment, physiological measurement, Meas. 31 pag. R1–R47
- [2] Ripollés Ortí M., Martín Rioboó E., Díaz Moreno A., Aranguren Baena B., Murcia Simón M., Toledano Medina A. y Fonseca del Poza F.J., 2001. Concordancia en la medición de presión arterial entre diferentes profesionales sanitarios. ¿Son fiables los esfigmomanómetros de mercurio?. Atención Primaria. Vol. 27. Núm. 4., pp 234-243
- [3] Manual de Calibración y Mantenimiento de Esfigmomanómetros. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. (CENETEC), 2007
- [4] Murphy Sean, Friesner Daniel, Rosenman Robert, 2008; Determining factors in the treatment choice of patients with hypertension with complications and secondary hypertension, International Journal of Health Care Quality Assurance Vol. 22 No. 4, 2009 pp. 322-339

- [5] Fernández S, Pita Díaz S Pértegas, La fiabilidad de las mediciones clínicas: El análisis de concordancia para variables numéricas. www.fisterra.com, 2004
- [6] Greenfield David, Marjorie Pawsey, Naylor Justine, Braithwaite Jeffrey, 2008, Are accreditation surveys reliable, *International Journal of Health Care Quality Assurance* Vol. 22 No. 2 pp. 105-116
- [7] Amigo Isaac, Castro Silvia y Fernández Concepción, 2007; Efecto de la valoración negativa del personal de enfermería sobre la medida de la presión arterial. Implicaciones en la etiología de la hipertensión de bata blanca, *Psicothema*, Vol. 19, nº 2, pp. 276-279
- [8] Jiménez J. Comparación de métodos cuantitativos de medida. *FMC*; 1: 404-410. 1994

La Metrología como Impulsor de Competitividad en PyMES del ramo Metalmeccánico

Luis Manuel Lozano Cota, Rafael Verdugo Miranda y Martín Chávez Morales

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México
{mlozano, rverdugom}@navojoa.uson.mx, mchavez@industrial.uson.mx

Resumen. Este documento expone la situación actual de un proyecto donde se pretende desarrollar e implementar una estrategia de gestión de la calidad en el sistema de mediciones de un grupo de talleres de maquinado industrial, localizados en Navojoa, Sonora. Con la finalidad de desarrollar la mejor estrategia se han revisado casos de aplicación de proyectos similares por parte del Centro Nacional de Metrología. Debido a que en la fase de diagnóstico se detectaron deficiencias de cultura metrológica en el personal, se propone una serie de capacitaciones soportada por personal de la Universidad de Sonora. Respecto al equipamiento en instrumentos de medición se encontró suficiencia sin embargo los cuidados de uso y mantenimiento son mejorables por lo que se trabaja actualmente en la elaboración de un manual de procedimientos metrológicos y un programa de mantenimiento y verificación. El artículo presenta los fundamentos y avance actual del proyecto así como los resultados esperados.

Palabras clave: Metrología, PyMES, competencias metrológicas, competitividad, maquinado.

1 Introducción

La metrología es una herramienta básica de estudio que permite conocer, asimilar y medir todo lo que nos rodea, desde lo más simple hasta lo más complejo, con ello facilita asumir de manera colectiva las características de productos y procesos, asunto indispensable en un mundo globalizado [1].

Los procesos de medición son tan antiguos como el inicio mismo de las actividades de trueque, actualmente se reconoce el término metrología como la ciencia de las mediciones. Esta ciencia ha demostrado a través de la historia una estrecha correlación con el progreso de los pueblos y actualmente es evidente que el nivel económico de un país está muy relacionado con su nivel en la competencia y conciencia en las distintas

ramas de la metrología [2]. En contra parte también es evidente que países subdesarrollados presentan una baja conciencia metrológica.

Los países emergentes como México, China, Brasil, India, etc. han venido experimentando crecimientos económicos aceptables, que han resultado en bienestar y estabilidad para sus respectivas sociedades, lo anterior ha sido el resultado de implementar políticas de apertura comercial mostrando así una firme decisión de integrarse a una economía global [3]. Lo anterior en términos simples ha facilitado que los mencionados países emergentes incrementen su relación comercial con países desarrollados, un ejemplo es la proliferación de la industria maquiladora en la que los países emergentes que fabrican partes de equipos que más tarde serán ensambladas en fábricas de los países desarrollados, esto no sería posible sin el desarrollo de competencia y conciencia metrológica a la par en ambos países.

2 Marco Teórico y Trabajo Previo

Los países desarrollados incrementan su confianza hacia los productos de países emergentes conforme éstos desarrollan su capacidad en materia de calidad. El desarrollo de aptitudes metrológicas da certeza en los procesos producción y verificación de la calidad, por ello se puede relacionar a la metrología como un factor clave para incrementar las relaciones comerciales entre países desarrollados y emergentes, lo cual produce crecimiento económico en ambos [2].

De manera análoga a lo visto en el párrafo anterior, la relación comercial entre las grandes empresas y las PyMES también se incrementa con la competencia y conciencia metrológica y produce también crecimiento económico para ambas partes, incluso esto propicia la integración de las PyMES a la cadena de la economía global [3]. Sin embargo hay que reconocer que las pequeñas y medianas empresas en México se les dificulta integrarse a las cadenas productivas de empresas de clase mundial, así mismo, se les dificulta aprovechar la infraestructura dentro de su localidad y los programas de apoyos gubernamentales [4].

Navojoa, Sonora es una ciudad tendiente a la industrialización, aun que la fecha de su fundación es muy similar a la de sus dos ciudades vecinas, (Cd. Obregón al norte y Los Mochis al sur) la diferencia en materia de competitividad es significativa, pues ambas ciudades han sostenido un crecimiento notoriamente superior, pese a que las condiciones geográficas, ambientales, etc. son muy similares. Las causas de esta diferencia en cuanto a crecimiento económico pueden ser muchas, sin embargo es preciso mencionar la observancia de una base de PYMES más competitiva en dichas ciudades.

El caso particular de la demanda de grandes empresas a talleres de maquinado en Navojoa presenta grandes oportunidades, pues actualmente dicha demanda no es suplida a plenitud y se tiene que recurrir a talleres de Cd. Obregón, Los Mochis y Hermosillo, lo cual obstaculiza la eficiencia de las empresas demandantes.

El CENAM ha demostrado por medio de un programa denominado MESURA[®] que el trabajar en el desarrollo de aptitudes y capacidades metrológicas genera un impacto

positivo en la calidad y la productividad de los procesos para cualquier tamaño y giro empresa [5].

3 Descripción del Problema a Abordar

La oferta de proveeduría de servicios acorde a las necesidades de la industria certificada ante ISO, es en muchos ámbitos mejorable en la Ciudad de Navojoa, Son., prueba de ello es la gran diferencia existente en adopción y utilización de herramientas y estrategias en pro de la calidad y productividad entre la mencionada base de proveedores y la industria local. Lo anterior impide que el soporte que estos proveedores dan a sus clientes sea siempre efectivo y con mejora continua, por lo que en algunos casos a los clientes les es necesario buscar proveedores foráneos, como ha ocurrido con los talleres locales de maquinado industrial. Éstos a diferencia de sus clientes, presentan deficiencias en conocimiento y capacidades en materia metrológica. Con fundamento a una serie de visitas y entrevistas realizadas a los talleres, sus dueños y empleados, se asume que lo anterior es resultado de que:

No existe una estrategia de gestión en los talleres de maquinado industrial que sirva como base sólida para garantizar que los componentes de su sistema metrológico armonicen con la confiabilidad y precisión requerida por los clientes con certificaciones de calidad.

3.1 Objetivo General

Desarrollar una estrategia de gestión de calidad para el sistema metrológico de un cluster de talleres de maquinado industrial para propiciar el desarrollo de aptitudes metrológicas normadas.

3.1.1 Objetivos Específicos.

- I. Diagnosticar el apego a la norma ISO/IEC 17025:2005 en la ejecución de ensayos de medición para localizar áreas de oportunidad del sistema metrológico actual.
- II. Elaborar un manual de procedimientos que documente la realización de cada ensayo con apego a normas de referencia para impulsar la estandarización y profesionalización de los ensayos.
- III. Diseñar un programa viable de capacitación dirigido al personal técnico y operativo para incrementar la cultura metrológica y posibilitar el desarrollo de competencias metrológicas normadas.

4 Desarrollo de la Solución

Se plantea por tanto la posibilidad de disminuir las mencionadas deficiencias metrologicas con el objetivo de incrementar la relación comercial de estas PyMES y la industria regional, buscando que ambas partes mejoren su competitividad y experimenten un mayor desarrollo económico.

El mecanismo utilizado para reducir las deficiencias encontradas consiste en implementar una estrategia para la creación y mantenimiento de un nuevo sistema de los procesos de medición que permita mejorar continuamente los tres ejes básicos de cualquier sistema metrologico: Instrumentos de medición, Métodos de medición y Competencia/conciencia metrologica del personal [1].

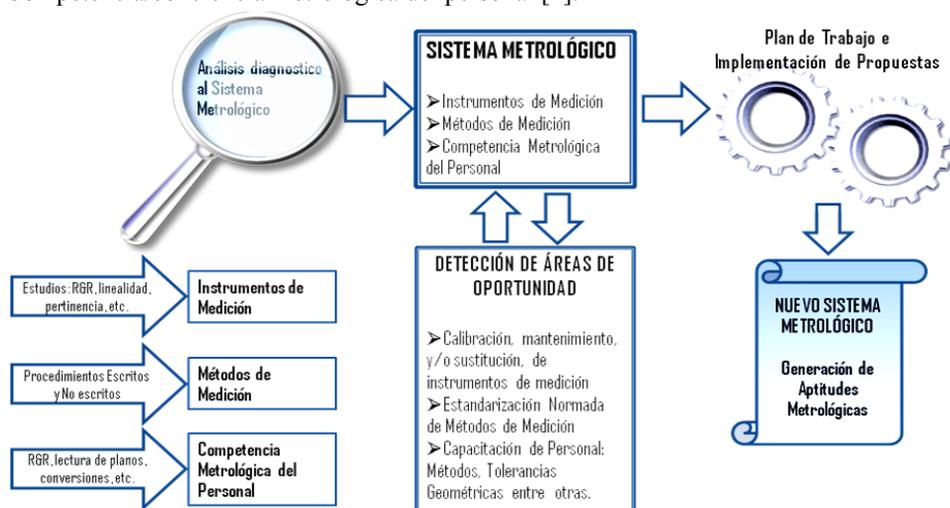


Fig. 1. Modelo conceptual para la generación de aptitudes metrologicas normadas.

Con la finalidad de presentar de manera clara y concisa los procesos a desarrollar durante la ejecución del trabajo en la Figura 1 se muestra un modelo gráfico que conceptualiza la secuencia y relación entre los elementos, etapas, herramientas y procesos involucrados. Las principales actividades a realizar en la sección de Plan de Trabajo e Implementación de Propuestas del modelo son:

I Programa de capacitación al personal técnico y operadores. Consistirá en capacitaciones que el personal tendrá que cursar y acreditar temáticas en materia metrologica según requerimientos de cada puesto.

II Desarrollo de manuales de procedimientos para los ensayos de medición realizados. Para la elaboración de estos manuales se revisarán tanto los requerimientos de la Norma ISO respecto a las evaluaciones y criterios de selección que los clientes con

certificaciones ISO deben realizar, y en algunos casos aspectos de la norma ISO/IEC 17025:2005.

III Programa de mantenimiento y verificación de instrumentos de medición. La universidad de Sonora en su Laboratorio de Metrología cuenta con un juego de bloques patrón grado “0” con calibración trazable a CENAM adecuado para verificar calibradores vernier, micrómetros, medidores de espesor y altura, etc. Se cuenta también con una maquina de medición sin contacto con precisión adecuada para verificar circunferencias, ángulos, arcos, distancias de centro a centro de cualquier figura, perpendicularidad, etc. Por ello se esta negociando la firma de un convenio entre la Universidad de Sonora y los talleres de maquinado industrial, para que una vez establecidas la periodicidad de las acciones de mantenimiento y verificación, éstas puedan realizarse en el mencionado laboratorio.

5 Resultados Esperados

Como se ha mencionado anteriormente el proyecto en proceso busca la creación eficaz de un nuevo sistema de metrología en los talleres de maquinado bajo estudio para ello es deseable aplicar los principios de la gestión cibernética uno de los cuales reza: Sistemas viables son aquellos que son capaces de mantener una existencia independiente. Estos sistemas tienen la capacidad de resolver problemas propios [5].

Lo anterior no solo es deseable sino que será una meta fija en este proyecto, en síntesis al final del trabajo se pretende que los talleres de maquinado industrial cuenten con un sistema de gestión metrológica que les permita ser más competitivos y efectivos en dar soporte a las necesidades de la industria local. Para ello se espera evolucionar la capacidad de los tres ejes principales de todo sistema metrológico; Instrumentos de medición, Procedimientos (métodos) y Capacitación del Personal [6], según lo indica la Tabla 1.

Tabla 1. Síntesis de la evolución esperada en los talleres de maquinado industrial hacia el final del proyecto.

	SITUACIÓN ACTUAL	ESPERADO
Equipo de medición	Programa de verificación y mantenimiento (PVM)	
	Se verifican esporádicamente con bloques patrón internos no calibrados.	Verificar periódicamente (laboratorio UNISON) los instrumentos y mandar calibrar aquellos que resulten anómalos.
Métodos	Manual de procesos de medición (MPM)	
	Existen ciertos procedimientos de producción, no de procesos de medición.	Agregar al manual de procesos de producción, los manuales de procedimientos para los procesos de medición
Personal	Medios de recepción de los diseños	
	Piezas muestra y planos 2D	Planos 2D y 3D con tolerancias geométricas
	Actividades de medición y verificación de instrumentos con apego a PVM y MPM	
	Las habilidades de medición se adquieren empíricamente y la verificación es realizada por el dueño de manera muy esporádica (no hay indicio de retroalimentación al personal sobre el resultado de las verificaciones).	El MPM debe fungir como un material de inducción de uso y cuidados de los instrumentos de medición. El PVM al corto plazo será soportado por personal de la UNISON, pero a mediano plazo se pretende que sea personal de los talleres de maquinado los que las realicen.

6 Conclusiones Previas

Como se observa no se plantea la modernización de los equipos de maquinado (tornos, fresas, etc.) a pesar de no contarse con equipos altamente tecnificados, esto alude al hecho de que se pretende dar una solución a la problemática encontrada con el mínimo de recursos invertidos ya que según literatura encontrada de trabajos previos realizados también en talleres de maquinado industrial, se ha concluido que no necesariamente son preferidos por las grandes empresas los talleres de última generación tecnológica, sino que el factor decisivo es que cuenten con los elementos y capacidades para asegurar las especificaciones en cuanto a dimensionado, calidad y tiempos de entrega [4].

Sin embargo con base a los pronósticos de expertos respecto a la relación futura que deberán tener este tipo de PYMES con empresas de clase mundial (Identificación de proyectos e investigaciones específicas de desarrollo y aseguramiento en materia metrológica para la industria automotriz (y actualmente la aeronáutica) / Desarrollo colectivo de manuales específicos de buenas prácticas para campos específicos) [7], será importante la profesionalización del personal y también la tecnificación y mejora de los equipos de proceso de maquinado y medición.

7 Bibliografía

1. Martínez, S., Torres, J.C.: Metrología y Educación en México. En: Simposio de Metrología 2008, pp. 1159'1-1159'4. Centro Nacional de Metrología, Santiago de Querétaro (2008)
2. Marbán, R.M., Pellecer, J.A.: Metrología para no-metrólogos. OEA (Organización de los Estados Americanos), Guatemala (2002)

3. Boisier, S.: ¿Hay espacio para el desarrollo local en la globalización?. Revista de la CEPAL. 86, 47-62 (2005)
4. De-Fuentes, C., Dutrénit, G.: Vínculos entre PyMES y empresas grandes dentro de un contexto local específico: el caso de los talleres de maquinados industriales localizados en Querétaro. En: 1er Congreso Iberoamericano de Ciencia Tecnología Sociedad e Innovación CTS+I, pp. 1-20. Organización de los Estados Iberoamericanos, Ciudad de México (2006)
5. Echeverría-Villagómez, S.: Evolutionary Mechanisms for Structured Growth of Metrological Systems in Developing Economies. In: XVII IMEKO World Congress on Metrology in the 3rd Millennium, pp. 1527-1532. Proceedings Press, Dubrovnik, Croatia (2003)
6. Centro Nacional de Metrología, <http://www.cenam.mx/mesura/>
7. Echeverría-Villagómez, S., Stahley, S.R., Smith, M.: Experiences on Metrology, Standardization and reditation for the Automotive Industry. In: XVIII IMEKO World Congress, pp. 1-3. IMEKO, Rio de Janeiro (2006)

Enfoque de los Distintos Retos Dentro de una Economía Empresarial: “El Know How del Reciclaje”

Mario Barceló Valenzuela, Melitón Alberto Sánchez D. y Luis Felipe Romero D.

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México
{mbarcelo, asanchez, lromero}@industrial.uson.mx

Resumen. Se propone un modelo integral de la *economía basada en el conocimiento* y aplicación de las herramientas de la *logística inversa* dentro de un sistema de procesamientos de plástico reciclado. Lo anterior, de un proyecto en fase de desarrollo en la ciudad de Hermosillo, Sonora. Tomando como soporte el apoyo con dos empresas dedicadas al reciclaje plástico, quedando ambas en total anonimato.

Palabras clave: Economía del conocimiento, cadena de suministros, logística, logística inversa, reciclaje de plásticos.

1 Introducción

Existe en la actualidad un alto grado de desconcierto y preocupación sobre el futuro ambiental que nos espera, tanto a nivel mundial como en nuestra nación; es por esto que hoy en día es de vital importancia inculcar y formar las bases necesarias en cada una de las personas y generaciones futuras, para optimizar los recursos naturales y fomentar la reutilización de los mismos cada vez que esto sea necesario y posible.

La naturaleza, es el principal proveedor de materias primas en el mundo; ésta es quien nos suministra los principales materiales utilizados para manufacturar los productos que las personas actualmente utilizan en sus hogares, oficinas, calles, etc. Desde las aleaciones metálicas más resistentes y fuertes colocadas en las construcciones, hasta los polímeros procesados para mejorar o adaptar sus propiedades finales y fabricar productos comunes como botellas plásticas, utilizadas para transportar como producto final las bebidas que nosotros los humanos ingerimos a diario conocidas como *embalaje*. Esto da pauta a dos preguntas: ¿Qué es lo que nosotros estamos haciendo para volver a recuperar dicha “materia prima” después de su utilización “final”? Y ¿Tenemos los conocimientos y bases necesarias para obtener el óptimo beneficio al reutilizar estos productos? El término “*Conocimiento*” se define como los hechos o datos de información adquiridos por una persona a través de la experiencia o la educación, su misma comprensión teórica o prácticas realizadas de un tema u objeto de la realidad [1]; el cual a su vez desarrolla

técnicas intrínsecas conocidas como “conocimiento tácito”; los cuales cabe señalar son un campo de estudio relevante en la sociedad, ya que éste genera un “valor” sobre la persona que lo desempeña. Este conocimiento genera un valor añadido hacia la sociedad y las empresas, se puede decir que está basado en una *economía*; ya que estimula el crecimiento económico y social de las empresas mediante la utilización eficiente de sus recursos disponibles, mejorando procedimientos y actividades por realizar.

Si se habla sobre el uso eficiente de los recursos, mediante los cuales una persona puede generar un valor económico desarrollando su propio conocimiento; ¿No es acaso esto un factor primordial en la reutilización óptima de nuestros recursos naturales, o un punto crítico para el eficaz manejo de productos pos-consumo? A este factor primordial, se le puede vincular con la economía basada en el conocimiento.

Por logística se debe entender todo movimiento y almacenamiento que facilite el flujo de materiales desde su punto de compra hasta el punto de consumo, así como los flujos de información que se ponen en marcha, con el fin de dar al consumidor el nivel de servicio adecuado a un costo razonable [2]. Desde una retrospectiva, la logística inversa, es entonces el proceso de proyectar, implementar y controlar un flujo de materia prima, inventario en proceso, productos terminados e información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen de una forma eficiente y lo más económica posible, con el propósito de recuperar su valor ó el de la propia devolución [3].

2 Marco Teórico y Antecedentes

En éste se describe el desarrollo de distintas metodologías y herramientas utilizadas en el área de la ingeniería, y un nuevo aspecto, el cual ha causado gran impacto como la economía basada en el conocimiento, “logística”; la reutilización de los plásticos, así como su extensión a lo largo de la cadena de suministros, observando a lo largo del mismo desarrollo del proyecto la importancia del conocimiento y su contribución económica dentro de este.

2.1 Economía Basada en el Conocimiento.

Este concepto, se conoce como la producción y servicios basados en las actividades de intenso conocimiento que contribuyen a un ritmo acelerado de avances científicos y tecnológicos, así como su rápida obsolescencia. El componente clave de la economía basada en el conocimiento, se debe a las capacidades intelectuales de las personas, más que a las entradas físicas y recursos utilizados en las empresas de bienes o servicios. “La innovación es el corazón de la economía basada en el conocimiento y es un fenómeno fundamentalmente social” [4].

Si bien es cierto, una organización, necesita su principal detonador hacia la productividad; el cual está basado en el conocimiento de todos y cada uno de sus empleados; mediante la efectiva socialización entre ellos, generan una red social interna

que permite a la empresa continuar laborando de manera sincronizada y constante día a día, fabricando sus productos u ofreciendo sus servicios con una calidad adecuada, con un sentido táctico y estratégico al momento de actuar, y con un grado de concientización de que cada uno de los eslabones que conforman esta cadena del conocimiento son tan necesarios como los procesos que estos efectúan diariamente.

2.2 Logística

La logística es parte integral de nuestra vida cotidiana. Hoy, más que nunca, tiene influencia en un largo número de actividades humanas y económicas. Etimológicamente la palabra logística proviene del griego “logistikos”, que significa “saber calcular”. Los romanos usaban la palabra logística al referirse a sus administradores de ejércitos, y también logísticos se les denominaban a un grupo de científicos médicos que basaban sus teorías en la observación [5]. La logística, es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento efectivo de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes [6]. En la definición anterior, se transmite la idea de que el flujo de materiales tiene que ser manejado desde el punto donde se encuentran como materias primas hasta el punto donde finalmente son descartados. La cuestión comienza a abundar desde este punto, ya que ¿es posible generar una logística en la que se pueda agregar nuevamente valor a esta materia finalmente descartada (desechada)?.

2.3 Cadena de Suministros

Por Canal de Distribución o Proceso de Distribución (en inglés, *Supply Chain*) se entiende la compleja serie de procesos de intercambio o flujo de materiales y de información que se establece tanto dentro de cada organización o empresa como fuera de ella, con sus respectivos proveedores y clientes [7].

2.4 Cadena de Suministros y Logística

Es un conjunto de actividades funcionales que se repiten muchas veces a lo largo del canal de flujo; mediante el cual la materia prima se convierte en productos terminados y añade valor para el consumidor. Incluso entonces, las actividades de logística se repiten una vez más cuando los productos usados se reciclan en el canal de la logística pero en sentido inverso [2]. Lo anterior ilustra como a lo largo de la cadena de suministros se realiza nuevamente una actividad más de logística; pero en esta ocasión de manera “inversa”, ya que se está hablando de reciclar un producto al final de su “vida útil” y darle un nuevo giro de reutilización y por consecuencia generando un valor nuevamente en este.

Aunque es fácil pensar en la logística como la dirección del flujo de productos desde los puntos de adquisición de materias primas hasta los consumidores finales, para muchas empresas existe un canal inverso de la logística que también debe ser dirigido. La vida de un producto, desde el punto de vista de la logística, no termina con su entrega al cliente. Los productos se vuelven obsoletos, se dañan o no funcionan y son devueltos a sus puntos de origen para su reparación o eliminación. La cadena de suministros termina con la eliminación final del producto. El canal inverso debe considerarse dentro del alcance de la planeación y del control de logística [2].

2.5 Logística y Medio Ambiente

Con el gran incremento de la industrialización tanto a nivel mundial como nacional, los impactos medio ambientales y ecológicos se han convertido en un tema de problemática constante. Partiendo desde el punto de impacto que éstas generan en cuanto al calentamiento global, medios ambientes tóxicos, destrucción de la capa de ozono, etc. Por lo cual, la toma de decisiones de la manufactura y procesos de un producto o servicio por parte de la empresa, juega un rol vital en la preservación y cuidado del medio ambiente, partiendo desde el diseño del mismo producto o servicio, hasta la utilización final del mismo por parte del cliente. Hay que tomar en cuenta que la tarea de las empresas que generen ya sea un producto o servicio, no finaliza cuando el consumidor compra o hace uso del servicio, sino que cada vez más, los reglamentos gubernamentales e independencias regulatorias del medio ambiente generan procedimientos y normas las cuales el diseño y desarrollo de la misma parte inversa de la logística de la empresa debe resaltar como una de sus principales importancias.

2.6 Reciclaje

Antes del 500 a.C., Atenas organizó el primer basurero municipal del mundo occidental. Para la década de los cuarentas, en el siglo pasado, el mundo occidental empezó a entrar en la Edad de la Sanidad, las condiciones inmundas comenzaron a ser vistas por el público como una molestia, exigiéndose una acción gubernamental para su solución. Solamente después de la Segunda Guerra Mundial, la rápida expansión del conocimiento de los impactos, a largo plazo, de la contaminación de las aguas subterráneas y del aire empezó a exigir una mayor regulación de las prácticas de evacuación [8]. Es posible preguntarse: ¿Es entonces un factor influyente la logística inversa dentro de la cadena de suministros para un procesamiento de reciclaje al ya “concluir” el ciclo de vida de un producto? Y ¿Qué impacto tiene el conocimiento organizacional y estratégico dentro de este proceso de reciclaje?

Si el requerimiento del reciclaje es por motivos altruistas o porque “la ley nos obliga”, existen diversas alternativas disponibles y actualmente utilizadas para el reciclaje:

- ✓ Recolección en acera.

- ✓ Recolección comercial.
- ✓ Instalaciones para la recuperación de materiales.
- ✓ Centros de recolección selectiva y centros de recompra.

Los centros de recolección selectiva que dependen de motivaciones altruistas se les añaden un grado de inconveniencia que puede conducir a una reducción de la participación. Están localizadas donde se recolectan los materiales reciclables, son fáciles y menos caras de implantar que los programas de acera [8]. Los centros de recompra ofrecen a los que participan todos los beneficios de los centros de recolección selectiva y los incentivos procedentes de los beneficios monetarios. Sin embargo son más caros de operar.

2.7 Plásticos

Plástico en el significado general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones [9]. Es fácil percibir cómo los desechos plásticos, por ejemplo de envases de líquidos como el aceite de cocina, no son susceptibles de asimilarse de nuevo en la naturaleza, porque su material tarda aproximadamente unos 180 años en degradarse.

Plástico Reciclado, una Logística Inversa: Para reciclar cualquier material presente en los residuos, este tiene que comercializarse y distribuirse (logística), hay que encontrar clientes y convencerles en comprar y seguir comprando dicho producto (mercadotecnia) fabricado con materiales residuales. La infraestructura para recuperar, limpiar y fabricar productos para su venta está creciendo rápidamente. Además, existe un número creciente de fabricantes de perfiles plásticos que utilizan plástico no seleccionado procedente del flujo de residuos. Entendiendo como “Plásticos no seleccionados” a la mezcla de plásticos normalmente incompatibles, pero que aparecen mezclados en las basuras. Adaptando un modelo apropiado para la logística inversa aplicada en los 4 elementos generales del reciclaje, se observa cómo se conforma una cadena de suministros partiendo desde la recolección tanto del producto físico así como de la misma información necesaria para el óptimo aprovechamiento, hasta concluir con las ventas finales y la aceptación por parte del mercado, generando siempre un flujo continuo de retroalimentación por el conocimiento adquirido en base a las experiencias e investigaciones realizadas a lo largo de dicho proceso productivo.

Plástico Reciclado y la Economía del Conocimiento: Históricamente, el mundo laboral ha evolucionado desde una labor manual a expertos mecánicos y técnicos en la economía del conocimiento. Aumentando el grado de conocimiento sobre las herramientas “teóricas” de logísticas, suministros y del reciclaje, se podrán obtener sumas ventajas ante las posibles competencias en cuanto a las mejores metodologías de

recolección y acopio del plástico. Y a su vez el tener altos grados de conocimientos sobre el material que se está reciclando, como sus propiedades físicas y químicas, sus posibles procesamientos y equipos necesarios para estos, nos darían mayor ventaja económica-competitiva ante las demás empresas que ofrecen estos servicios.

Plástico Reciclado: La Economía del Reciclaje: La economía del reciclaje de los plásticos puede ser atractiva porque no es una operación que precise de grandes aportaciones de capital, y puede ser integrada fácilmente a la fabricación de productos de plástico. Una compañía que fabrique un producto plástico moldeado, o botellas o película, tiene el potencial necesario para procesar el material reciclado y utilizarlo en su alimentación para obtener el producto que fabrica [9]. El costo de la materia prima es bajo y en ocasiones está por debajo de cero. Una industria o comunidad, puede en algunos casos pagar para que se lleven la materia prima de sus residuos, ya que esto puede ser más barato que pagar por su incineración o vertido.

Es aquí donde un óptimo plan de logística inversa puede ser efectiva, conformando la cadena de suministros hacia una nueva reutilización de materias plásticas recicladas. La tendencia actual se orienta hacia el reciclaje porque las alternativas para procesar basuras se están cerrando. La alternativa es el reciclaje” [9]. Mientras el precio del petróleo continúe subiendo por la inflación y los costos de los sistemas de evacuación alternativos suban, el reciclaje de los plásticos pos-consumidor será cada vez más atractivo. Dados todos estos factores, el plástico será el componente más reciclable de los residuos.

Plástico Reciclado y Economía del Conocimiento: el “know how” de Nuestros Factores de Costos: Técnicamente es factible reciclar, recuperar y reutilizar todos los envases de plástico desechados. A pesar de que las comunidades no se entusiasman con la recolección de los reciclables cuando existen otros métodos de evacuación más barato para los residuos.

Los costos para la comunidad incluyen generalmente, el costo de recolección de los reciclables, el costo de la selección de estos mismos. De estos dos costos, la comunidad puede restar el costo de recolectar los residuos que se evitan y el costo de evacuación evitada (Por ejemplo, la tarifa de evacuación del vertedero). La suma de estos cuatro puntos supondrá el costo neto para la comunidad.

Por otra parte, los costos para el recuperador incluyen el costo de la materia prima, el costo de recuperación, los gastos de comercialización y otros, y las ganancias e ingresos sobre la inversión. La suma de todos estos ingresos y gastos se convierte en el precio mínimo exigido para hacer rentable la fabricación de un producto mediante la alimentación obtenida del procesamiento de la basura. ¿Será entonces el precio mayor o menor que el precio de la materia virgen? Para este caso práctico, nuestra competencia directa no es con la materia virgen, ya que el procesar plásticos no seleccionados mediante su reciclaje no nos permite competir contra el material virgen para ciertas aplicaciones.

3 Descripción del problema

La vinculación y óptima recuperación pos-consumo de los plásticos en las empresas de reciclaje actualmente pierden de vista un sentido común entre el valor agregado del “saber cómo” en una economía basada en el conocimiento de las personas que integran y detonan la economía empresarial, dejando de lado herramientas ingenieriles como la logística inversa y los métodos de reciclaje que conlleven a superar los retos que se opongan dentro de la cadena operacional y administrativa de dicha empresa. Es de vital necesidad implementar una metodología adecuada para este giro de empresas, impulsando el desarrollo económico del conocimiento adquirido por estas herramientas, así como una adecuada retroalimentación en cada una de las etapas que fluctúan a lo largo de los procesos operativos y administrativos que son el principal “catalizador” de impulso económico y de supervivencia de la empresa.

3.1 Sondeo Preliminar

Para fines del presente artículo, se extrajeron preguntas de un sondeo preliminar, lo anterior con el fin de poder demostrar la total vinculación que existe entre lo que se conoce como una economía basada en el conocimiento y las bases de la logística inversa aplicable en todo momento a los plásticos en proceso de reciclaje, dichos resultados fueron colocados en la tabla 1 “Resultados del sondeo preliminar” anexa a continuación.

Tabla 1. Resultados de sondeo preliminar.

PREGUNTA:	RESPUESTAS:				
Metodo utilizado para la seleccion y separacion de plasticos:	100% humano	0% Automatico	0% Otros	-	-
Conoce algun otro metodo de seleccion y separacion de plasticos:	50% Si conoce	50% No conoce	-	-	-
Operaciones que lleva a cabo con el plastico reciclado:	100% Solo compacta	0% Tritura	0% Lavado	0% Pelletizado	0% Moldeo
Principal motivo para no realizar/fomentar mas operaciones de reciclaje:	50% Economico	50% No conoce	-	-	-
Sabe usted que existen distintos tipos de plasticos:	71% Si	29% No	-	-	-
Sabe usted que es el reciclaje de plasticos:	95% Si	5% No	-	-	-

Se observa que actualmente se desconocen diferentes métodos y herramientas útiles y de gran ayuda para el impulso económico de las empresas de reciclaje, partiendo desde la utilización adecuada del recurso humano, hasta el conocimiento que genere valor agregado a cada etapa, así como el desarrollo de nuevas operaciones que generen mayor crecimiento económico, partiendo principalmente de la falta de información y cultura sobre la razón de ser del reciclaje en forma general.

4 Metodología y Desarrollo de la Solución

La figura 1 “Modelo de enfoque en los distintos tipos de retos dentro de una economía empresarial”, demuestra los distintos retos dentro de una economía empresarial, abarcando las etapas de los controles y métodos de una logística inversa y la información que posteriormente se vuelve un conocimiento a lo largo de la cadena de suministros de este esquema empresarial, evolucionando los retos de suministros y conocimientos, desarrollando de esta manera nuevos recursos y formación cultural en las personas.

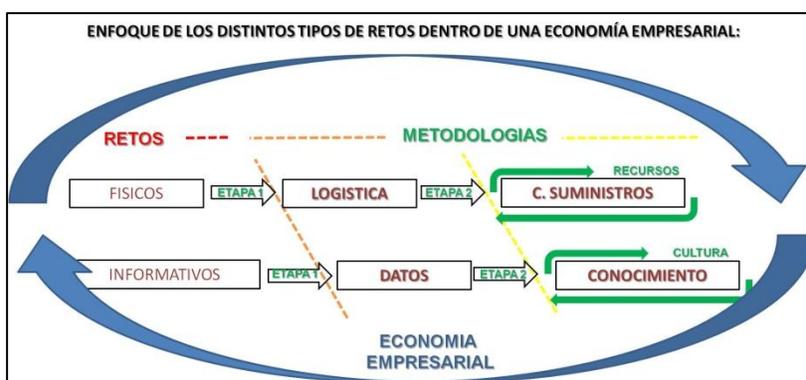


Fig. 1. Modelo de enfoque en los distintos tipos de retos dentro de una economía empresarial.

En la primera etapa, los retos principales de una empresa de reciclaje recae en la recuperación y acopio físico de los materiales plásticos pos-consumo, lo cual deberá estar vinculado y respaldado con información veraz y de fines convenientes para poder llevar a cabo el acopio necesario de materiales. La etapa 2, nos conlleva a la necesidad de establecer una metodología apta para una logística concentrada en la recuperación y transportación adecuada y constante de estos materiales, estableciendo rutas y procedimientos que serán conformados por medio de los datos que a través del desarrollo de esta logística se irán resguardando para el control y mantenimiento de este proceso. Como etapa final (3), todos estos recursos y formación cultural se abran desarrollado para establecer una cadena de suministros formal y controlada basada en el conocimiento que las personas han desarrollado a través de las etapas anteriores, detonando como resultado una economía que ha sido fomentada a través del desarrollo de las experiencias y conocimiento que del personal, dando como resultado el flujo constante y de mejora continua de la economía empresarial.

Para mantener bajo control los distintos retos en el reciclaje plástico, puede ser auxiliado por las empresas fabricantes de plásticos, mediante el común acuerdo del acopio de aquellos plásticos desechados por esta misma, ya sea en forma de donación o venta hacia la empresa de reciclaje. De igual forma, pueden motivar a la sociedad mediante incentivos ya sea económicos o de despensa para que estas cedan sus materiales plásticos

desechados de manera organizada, de tal forma que un principal reto físico y de información inicial sea controlado y mantenido mediante la creación cultural hacia las personas de la utilización adecuada de sus plásticos desechados.

De esta forma, la empresa podrá establecer los controles y secuencias necesarias para la logística necesaria en la recuperación y transporte de los plásticos que tanto las empresas como la sociedad desechan diariamente, esto utilizando herramientas formales que vayan estructurando una base de datos de toda aquella información que se va dando al transcurso del proceso, desde pensar en que tanto beneficio nos contrae el seguir trabajando bajo puro acopio por medio de recolección, o el implementar un punto de acopio fijo en el que las personas puedan vender sus desechos plásticos, posteriormente determinar si se desea continuar estos procesos con puro recursos humanos o el implementar nuevas estrategias y métodos de separación de plásticos (Como por flotación por densidades o automáticos). Lo anterior deberá ser respaldado con aquellos datos que la experiencia e información recopilada nos irán arrojando, así también, la empresa puede decidir si existe la demanda tal que nos sea de beneficio el agregar más procesamientos al plástico que se recicla, como el triturarlo, lavarlo, pelletizarlo o moldearlo, nuevamente si esto es económicamente factible.

Está en manos de la empresa el desarrollar estas etapas hasta lograr establecerse en una última etapa en la cual toda esta metodología logre establecerse como una cadena de suministros completa en todos sus aspectos, creando una empresa económicamente confiable debido al conocimiento que esta ha adquirido con la continua retroalimentación que todos y cada uno de los involucrados han fomentado a lo largo de cada una de las etapas, buscando siempre el beneficio propio y social responsable en las comunidades y empresas que contribuyen, de tal forma que exista el mejor flujo posible en los recursos utilizados, desde humanos hasta de infraestructura, así como la cultura a desarrollar tanto en los empleados como en la sociedad que los rodea.

5 Conclusiones y Recomendaciones

Mediante la implementación conceptual del modelo presentado, la economía empresarial puede atravesar distintas etapas de evolución y madurez a través de sus procesos, involucrando disciplinas como la economía del conocimiento, visualizando el “que” y el “como” del reciclaje plástico, implementando un cadena de suministros adecuada para la logística inversa que se desee utilizar en la recuperación de los plásticos o cualquier otro material reciclable, generando como resultado: “El know how del reciclaje”. Se extiende la invitación al desarrollo formal de cada una de estas herramientas prácticas, respaldando y estructurando de manera más sólida cada una de las etapas propuestas en el modelo de una economía empresarial.

6 Referencias bibliográficas

1. Zubiri, X. Inteligencia y Razón. Madrid. Alianza Editorial, (1983).
2. Ballou, Ronald H. Business Logistics Management, 4ta edición, (1999).
3. RLEC: What is Reverse Logistics? Reverse Logistics Executive Council. En <http://www.rlec.org/ReverseLogisticsExecutiveCouncil.htm> Rogers & Tibben-Lembke. . p.9 (2003).
4. Gladwell, M. Designs for working. The New Yorker, (2000).
5. Acevedo, J.A.; Gómez, M. Logística moderna y la competitividad empresarial. Cuba, (2001).
6. Consejo de la Dirección de Logística, (2003).
7. Chopra, S. & Meindl, P. Supply Chain Management. 3º Edition. Pearson/Prentice Hall. (2006).
8. Manual mcgraw HILL, (2000).
9. Groover, M. - Fundamentals of Modern Manufacturing 3e, (2007).

Modelo de Conocimiento para un Sistema de Gestión de Conocimiento de una División de Estudios de Posgrado e Investigación Tecnológica

Alondra Zavala Díaz, César Enrique Rose Gómez, Oscar Mario Rodríguez Elías, María Trinidad Serna Encinas

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Tecnológico S/N, Hermosillo, Sonora, México
alondra_ze@hotmail.com, crose@ith.mx, omrodriguez@ith.mx,
tserna@ith.mx

Abstract. Este artículo presenta la experiencia en el uso de la metodología KoFI para el diseño de un modelo de conocimiento como núcleo de un Sistema de Gestión de Conocimiento para una División de Estudios de Posgrado e Investigación Tecnológica.

Keywords: Metodología KoFI, conocimiento, gestión de conocimiento, ontología

1 Introducción

Un Instituto Tecnológico pertenece al Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica (SNEST) y es una Institución cuyo compromiso es formar profesionales emprendedores, comprometidos, con un alto sentido humano y de competencia, capaces de crear, desarrollar, innovar; con visión hacia el desarrollo sustentable, tecnológico, social y económico que demanda el entorno globalizado.

Dentro de la estructura organizacional de los Institutos Tecnológicos se encuentra la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI) cuyo objetivo general es planear, coordinar, controlar y evaluar los estudios de posgrado que se imparten en el Instituto Tecnológico, así como los proyectos de desarrollo curricular y la atención a los alumnos, de conformidad con las normas y lineamientos emitidos por la Secretaría de Educación Pública. En [1] se encuentran los lineamientos básicos para el desarrollo de la investigación, área sustantiva que tiene como nicho natural la DEPI.

Los investigadores del SNEST realizan investigación y desarrollo tecnológico en áreas prioritarias y según líneas de investigación registradas ante la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST), para contribuir significativamente a mejorar la calidad de vida de la sociedad. El investigador se integra en grupos de investigación, los cuales, desde un punto de vista institucional, conforman programas académicos y líneas

de investigación. El investigador desarrolla actividades de investigación, docencia, vinculación y divulgación.

Los productos de la investigación son los resultados que se derivan de la misma y de la propia formación académica de profesionales de posgrado; y, entre los más frecuentes, están la generación de conocimientos, la transferencia de tecnología y la difusión y divulgación científicas, los cuales se concretan en la presentación en foros especializados o se publican (con arbitraje o sin arbitraje) en revistas indexadas; en ponencias o conferencias que se presentadas en eventos académicos; libros o capítulos de libros aceptados o publicados, como autor o coautor; memorias de congresos (resúmenes o en extenso); informes técnicos y desarrollos tecnológicos; cursos o seminarios impartidos; patentes, certificados de invención y registros de autor en trámite o aceptados; prototipos; adaptaciones y mejoras tecnológicas; tesis dirigidas y concluidas; asesorías técnicas, etc.

Debido a lo anteriormente establecido se consideró importante el desarrollar un sistema que nos permita almacenar, mantener, transferir y recuperar la información y el conocimiento que se genera en una división de estudios de posgrado e investigación tecnológica, de tal manera que nuestro primer cuestionamiento fue como tendría que ser el modelo de conocimiento que soportará este sistema.

2 Marco teórico

De acuerdo a Davenport y Prusak [2], la Gestión del Conocimiento es: “El proceso sistémico de buscar, organizar, filtrar y presentar la información con el objetivo de mejorar la comprensión de las personas en un área específica de interés.” Según Malhotra [3]: “Es el proceso organizacional que busca la combinación sinérgica del tratamiento de los datos y la información mediante las capacidades de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y las capacidades de creatividad e innovación de las personas.” Y según Sveiby [4]: “Es el arte de crear valor con los activos intangibles de una organización.”

Los diferentes objetivos que desea alcanzar la Gestión del Conocimiento son los siguientes:

- a) Seleccionar y formular una estrategia de tipo organizacional que permita una adecuada Gestión del Conocimiento.
- b) Implantar estrategias orientadas al conocimiento.
- c) Promover la mejora continua de los procesos de negocio, principalmente en aquellos que permiten la generación y utilización del conocimiento.
- d) Monitorizar y evaluar los beneficios de la Gestión del Conocimiento.
- e) Reducir los tiempos y costos relacionados con la mejora continua (productos y procesos).

Para las organizaciones, el conocimiento se puede definir como la información que posee valor para ella, es decir, aquella información que le permite generar una ventaja

competitiva, satisfacer las demandas del mercado o alcanzar las oportunidades a través de la utilización de las competencias distintivas de la organización. Existe aún una gran discusión sobre los diferentes modelos que se han propuesto en el área de gestión del conocimiento. Se pueden agrupar en tres teorías; las teorías occidentales donde están más enfocadas a gestión de conocimiento explícito con el uso de repositorios y el procesamiento de información; mientras que las teorías orientales tienen un mayor enfoque hacia el conocimiento tácito que las personas obtienen a través de su experiencia y de las relaciones que establecen para compartir el conocimiento; y finalmente se tiene el modelo holístico usado en el análisis para conocer el verdadero poder del conocimiento.

El modelo de gestión del conocimiento de Nonaka y Takeuchi [5], se fundamenta en el proceso de transformación del conocimiento, es decir, en las diferentes fases por las que éste pasa en su transformación para ser utilizable por la organización. Por lo tanto, éste puede ser de dos tipos: tácito y explícito. Es un proceso de interacción de naturaleza dinámica y continua entre el conocimiento tácito y el explícito. Se conforma mediante una espiral, que define la permanente transformación ontológica del conocimiento, desarrollada en cuatro fases. En la figura 1 se muestra dicho proceso.

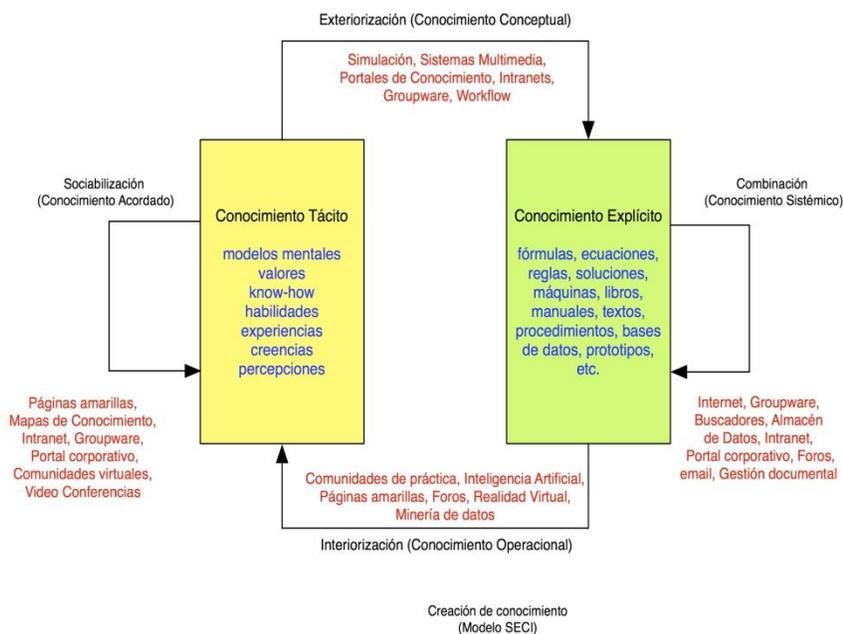


Fig. 1. Modelo de creación de conocimiento de Nonaka (Adaptación de [5])

En el modelo de gestión de conocimiento de Probst et al. [6] llamado “The building blocks of knowledge management”, involucra ocho componentes que forman dos ciclos, un ciclo interno y un ciclo externo. El ciclo interno está compuesto por los bloques de construcción Identificación, Adquisición, Desarrollo, Distribución, Utilización y Preservación del conocimiento.

El Modelo Fraunhofer de Referencia para la Gestión del Conocimiento (GC) [7] considera tres aspectos fundamentales: El primero se refiere a que todas las actividades relacionadas con la GC tienen un enfoque hacia los procesos que agregan valor en la organización. Un segundo nivel son los procesos clave de la GC, que pueden ser divididos en cuatro actividades que han sido empíricamente validadas: “crear nuevo conocimiento”, “almacenar conocimiento”, “distribuir conocimiento” y “aplicar conocimiento”. El tercer nivel está formado por los facilitadores de la GC: cultura, liderazgo, recursos humanos, tecnología de información, roles y organización y control.

Como se puede observar en las diferentes definiciones que se dan sobre la GC, ésta implica una serie de actividades o procesos principales a través de los cuales el conocimiento es creado, almacenado, compartido y aplicado.

En este trabajo se ha usado la metodología KoFI [9], esta metodología se basa en la “identificación de flujos de conocimiento por medio del estudio y modelado de los procesos de una organización, con enfoque en la identificación del conocimiento requerido y generado en las principales actividades del proceso, así como las fuentes donde éste es almacenado y obtenido” [8]. De esta manera, es posible para las personas relacionadas con los procesos, contestar a preguntas como ¿Qué conocimiento es importante para las personas que realizan los procesos? ¿Cuáles son las fuentes que proveen de conocimiento a un proceso? ¿Dónde se encuentra almacenado el conocimiento de un proceso?, entre otras.

La metodología KoFI se compone de cuatro etapas:

- 1) Identificación de fuentes de conocimiento.
- 2) Identificación de tipos/temas de conocimiento.
- 3) Identificación de flujos de conocimiento.
- 4) Identificación de problemas que afecten el flujo de conocimiento.

Esta metodología ha sido aplicada en diversos dominios [10], [11], [12] y con este trabajo se ha probado su uso en áreas académicas.

3 Modelo de conocimiento para la DEPI

De inicio es necesario comprender e identificar el conocimiento que se genera y fluye dentro de la División. Para este caso de estudio es importante identificar todos los procesos que realizan los maestros, alumnos y en general el personal de la División. Se debe identificar todo el conocimiento de dichos procesos, cómo y dónde se almacenan, quién lo usa y en qué área, donde se obtiene, entre otros aspectos importantes; de esta manera comprender cómo fluye el conocimiento en la DEPI, para lograr que el

conocimiento fluya hacia donde se requiere y cuando sea requerido. Para llevar a cabo esta tarea se ha usado la metodología “KoFI” [9].

3.1 Identificación de las fuentes de conocimiento de la DEPI

Se identifican los tipos de fuentes de conocimiento dentro del proceso estudiado. Para la obtención de datos en esta etapa, se puede usar la entrevista a las personas relacionadas con los procesos, para identificar documentos, personas o sistemas que se consultan para dichos procesos.

Entre las fuentes a considerar se encuentran:

- Documentos utilizados o generados por procesos.
- Sistemas de software (elementos que apoyan a procesos).
- Personas involucradas con el proceso y personas externas que son consultadas por éstos.
- Herramientas utilizadas para adquirir conocimiento.

Para la actividad de identificación de las fuentes de conocimiento se analizó cada proceso de la DEPI y se realizó una tabla donde se obtuvieron los documentos, personas y sistemas usados para llevar a cabo dicho proceso.

A continuación se muestran las categorías y tipos de fuentes de conocimiento de la DEPI:

1. Documentos: en esta categoría se encuentran todos los documentos de la DEPI ya sean físicos o digitales que proporcionan conocimiento. De procesos, técnicos, operacionales, administrativos, informativos e institucionales.

2. Personas: son las personas que intervienen en los procesos de la DEPI. Alumnos, Maestros, Personal DEPI, Personal Institución, Aspirantes y Otros.

3. Sistemas: son fuentes de conocimiento que son accedidas en diferentes procesos. Esta categoría está dividida en internos y externo.

4. Otros: en esta categoría se agrupan las fuentes que no se identificaron en las demás categorías, pero de alguna manera generan conocimiento en la DEPI. Tales como herramientas técnicas y herramientas de soporte.

Una vez identificadas las fuentes, éstas se han clasificado para cada proceso. Y para determinar con precisión el conocimiento de las fuentes, se generó un formato donde se identifica la clasificación, localización e información general de la fuente.

3.2 Identificación de tipos/temas de conocimiento

En esta etapa de identificación de los temas de conocimiento es muy importante considerar el entorno para el cual se desea realizar el análisis, ya que la importancia del conocimiento radica básicamente en su aplicación, por lo tanto se deben tomar en cuenta el conocimiento que está involucrado en los procesos y la toma de decisiones [8].

Para la actividad de identificar los temas de conocimiento, se analizaron todos los procesos de la DEPI, se obtuvieron los temas más importantes y se clasificaron. Por lo tanto se obtuvieron las siguientes categorías:

1. Actividades en la DEPI: se refiere al conocimiento que el personal de la DEPI debe tener acerca del funcionamiento de los procesos principales, mantenimiento a equipos y sistemas, entre otros.
2. Conocimiento organizacional: es el conocimiento que el personal debe tener acerca de la División, como normas, cultura, política.
3. Conocimiento general: se refiere al conocimiento que el personal tiene y puede que no esté directamente ligado con los procesos, pero puede ayudar a realizarlos.

3.3 Identificación de flujos de conocimiento

Para la identificación de los flujos de conocimiento se identifican los tipos, fuentes de conocimiento, roles participantes, entre otros, que interactúan dentro de los procesos, de esta manera se puede identificar el conocimiento requerido en dicha actividad, así como los mecanismos de que se vale dicho proceso para obtener, guardar y compartir conocimiento. En esta etapa ya se han identificado previamente donde se pueden localizar y recuperar las fuentes [9].

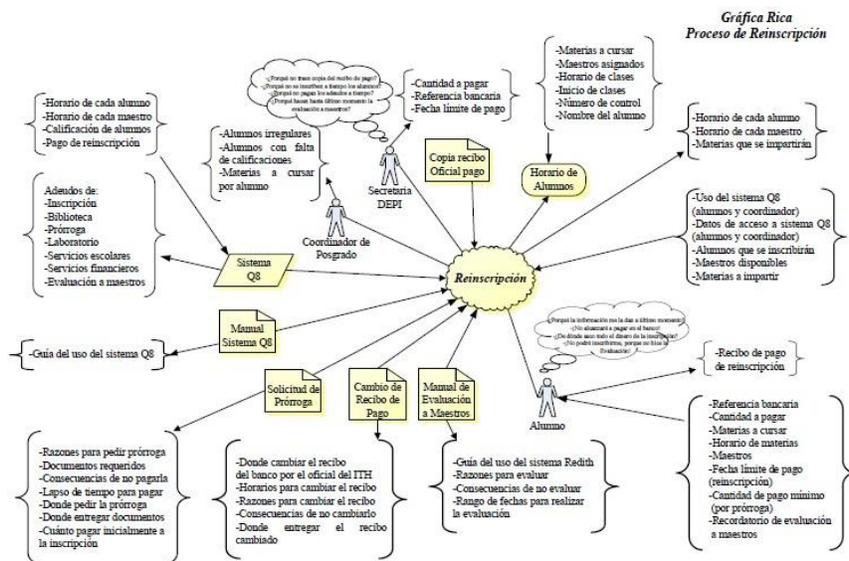


Fig. 2. Gráfica rica del proceso de reinscripción

En esta etapa, para modelar los procesos se utilizará la técnica de modelado llamada Gráfica Rica, pues apoyará para detectar roles, fuentes, actividades y herramientas relacionadas con el proceso que se utiliza para presentar la aplicación del modelado.

Con la gráfica rica se puede presentar la interacción de las actividades que se relacionan con el proceso, de esta manera, se identifica directamente el flujo de conocimiento. En la figura 2 se muestra un ejemplo de grafica rica para el proceso de Reinscripción de la DEPI.

3.4 Identificación de problemas que afecten el flujo de conocimiento

En esta etapa se identifican los problemas que existen en el flujo de conocimiento, apoyados por las tres primeras etapas de la metodología KoFI, pues al tener ya analizado un proceso, se pueden detectar sus problemas así como alternativas de solución propuestas.

En esta etapa se hace uso de escenarios, ya que se puede describir textualmente un problema particular, definiendo claramente el contexto del problema y permitiendo a cualquier persona narrar una situación o historia que describa el problema [9].

3.5 Modelo propuesto

Una vez que se ha llevado a cabo el análisis con las cuatro etapas de la metodología KoFI, se puede obtener un modelo, el cual pueda ser aplicado para cualquier proceso de la DEPI, obteniendo los mismos resultados, que con el caso de estudio que ha sido mostrado en el presente artículo.

Para la creación del modelo se utilizó el modelado de diagrama de clases de UML (Lenguaje de Modelado Unificado). En la Figura 3 se muestra el meta modelo que se ha obtenido para el Sistema de Gestión de Conocimiento para la DEPI, este modelo estará soportado en una base de conocimiento.

4 Implementación del modelo de conocimiento

Para implementar el modelo descrito previamente se diseñó una ontología, la cual es una representación del conocimiento de un dominio, para el diseño se usó la metodología Methontology para formalizar dicho conocimiento, es una taxonomía que contiene los conceptos del dominio, además se definen las relaciones y atributos. En la figura 4 se muestra de manera parcial la ontología implementada en Protégé.

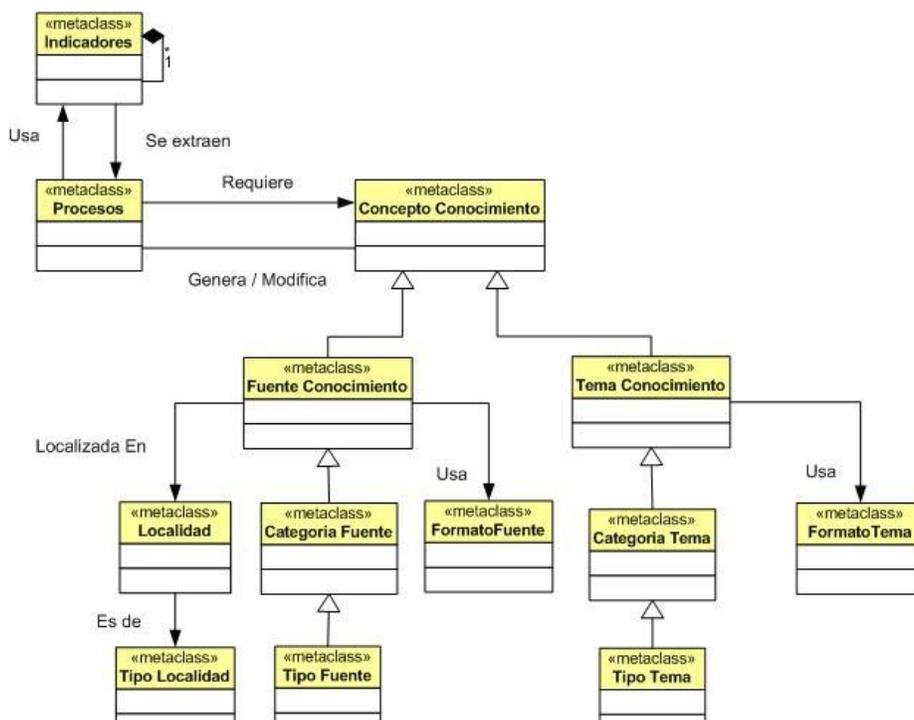


Fig. 3. Meta modelo DEPI

Debido a que los datos se encuentran almacenados en una base de datos y adicionalmente se tiene un modelo de conocimiento en una ontología, es necesario realizar un mapeo de los datos requeridos para agregarlos en el modelo de conocimiento como instancias y poder realizar diversas consultas y procesos de inferencia. La figura 5 muestra un diagrama para la recuperación de conocimiento.

Lo anterior nos permite efectuar consultas tales como:

1. ¿Quién ha escrito artículos indexados donde se hable de “Knowledge”?
2. ¿Cuáles son las publicaciones de María?
3. ¿Cuáles artículos arbitrados se han publicado?
4. ¿Quien escribió acerca de “semántica”?
5. ¿Cuáles publicaciones fueron hechas por José y Rubén?
6. ¿Cuáles documentos son considerados en el proceso Tramite Becas Inicial?
7. ¿Cuáles fuentes de conocimiento tienen un formato X?



Fig. 4. Vista parcial de la ontología DEPI

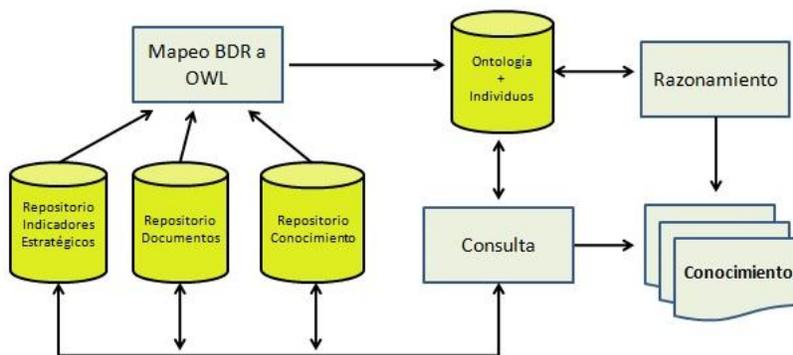


Fig. 5. Elementos en la recuperación de conocimiento

A continuación se muestran algunas consultas en SPARQL que se realizaron sobre la ontología con individuos:

1. ¿Quién escribe acerca de gestión de conocimiento?

```
PREFIX
depi:<http://www.semanticweb.org/ontologies/2011/1/DEPI.owl#>
select ?autor ?escribe where {?autor ?b ?escribe.
filter regex(str(?escribe), \"Gestion\", \"i\").
filter regex(str(?escribe), \"Conocimiento\", \"i\") }
```

2. ¿Qué publicaciones fueron hechas por Pedro y Juan?

```
PREFIX
depi:<http://www.semanticweb.org/ontologies/2011/1/DEPI.owl#>
select ?articulo where {?a ?b ?articulo.
?x ?b ?articulo.
filter regex(str(?b), \"escribe\").
filter regex(str(?a), \"Pedro\", \"i\").
filter regex(str(?x), \"Juan\", \"i\") }
```

3. ¿Qué artículos arbitrados se han publicado?

```
PREFIX
depi:<http://www.semanticweb.org/ontologies/2011/1/DEPI.owl#>
select ?articulo
where {?a ?b ?articulo .
filter regex(str(?b), \"escribeArticuloArbitrado\") }
```

5 Conclusiones

En este trabajo de investigación se realizó un análisis del entorno de la DEPI, para crear un modelo de conocimiento como soporte de un Sistema de Gestión de Conocimiento, que aporta a la División una infraestructura tecnológica y de conocimiento, que permitirá apoyar las actividades alumnos, profesores y personas que interactúan en la DEPI.

Primeramente se obtuvo un metamodelo de gestión de conocimiento basado en los procesos, que permitió la creación de formatos para almacenar el conocimiento que fluye en la DEPI. Con la creación del metamodelo se construyó una ontología, con la cual se representó y clasificó el conocimiento del dominio de la DEPI. Se evaluó la ontología con herramientas de ingeniería de conocimiento, como son las consultas y reglas de

inferencia, y se comprobó que generan conocimiento, que se reflejará posteriormente en el portal de conocimiento que se está construyendo, para que esté al alcance de quien lo necesite.

6 Referencias

1. SNEST.: Lineamientos Básicos para el Desarrollo de la Investigación, Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica, Subsecretaría de Educación Superior, Secretaría de Educación Pública. (2006)
2. Davenport, T.; Prusak, L.: Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Harvard Business School Press (1998)
3. Malhotra Y.: Knowledge Management and Business Model Innovation. Idea Group Publishing (2001)
4. Sveiby K. E.: Capital Intelectual: La nueva riqueza de las empresas. Cómo medir y gestionar los activos intangibles para crear valor. Ed. Gestión (2000)
5. Nonaka I., Takeuchi H.: La Organización creadora del Conocimiento. Oxford (1999)
6. Probst G., Raub S., Romhardt K.: Managing Knowledge: Building Blocks for Success. Wiley; 1 edition. (1999)
7. Heisig, P.: Business Process Oriented Knowledge Management. Forthcoming In: Mertins, K., Heisig, P. & Vorbeck, J. (Eds.) (2003). Knowledge Management. Best Practices in Europe. Berlin: Springer (2003)
8. Rodríguez Elías, O., Martínez García, A., Favela Jara, J., Vizcaíno Barceló, A., Piattini Velthuis, M.: Facilitando el acceso a las fuentes de información de un grupo de mantenimiento de software por medio de un mapa de conocimiento. (2005)
9. Rodríguez Elías O.: Metodología para el diseño de sistemas de administración del conocimiento: su aplicación en mantenimiento de software. Tesis de doctorado, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (2007)
10. Rodríguez-Elias, Oscar M.; Morán, Alberto L.; Lavandera, Jaqueline I.; Vizcaíno, Aurora; Soto, Juan Pablo.: Applying the KoFI methodology to Improve Knowledge Flow in a Manufacturing Process. In: Proc. of the 3rd International conference on Software and Data Technologies (ICSOFIT'2008), Porto (Portugal), 5-8 de Julio, pp. 309-314, ISBN: 978-989-8111-51-7. (2008)
11. Rodríguez-Elias, Oscar M.; Morán, Alberto L.; Lavandera, Jaqueline I.; Vizcaíno, Aurora.: Analyzing Manufacturing Process Knowledge Flow with KoFI", In: Proc. of the 20th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE'2008), San Francisco Bay, USA, 1-3 de Julio. Pp. 428-433, ISBN: 1-891706-22-5. (2008)
12. Rodríguez Elías, Oscar M.; Vizcaíno Barceló, Aurora; Martínez García, Ana Isabel, Favela Vara, Jesús, Piattini Velthuis, Mario G.: Aplicando KoFI: Un Caso de Estudio", In: Calidad de Producto y Proceso Software, Calero, Coral; Moraga, Ma. Ángeles; Piattini, Mario (Eds.), Ra-Ma, p. 483-507, (ISBN: 978-84-7897-961-5).(2009)

Un Modelo Conceptual para la Identificación del Conocimiento Clave en el Desarrollo de Nuevos Productos

Alonso Perez-Soltero¹, Rosario Guadalupe Álvarez Quijada¹, Mario Barceló-Valenzuela¹
y Heleodoro Sotelo Sanchez²

¹Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

²Universidad de Occidente, Unidad Guasave, Guasave, Sinaloa. México
{aperez, mbarcelo}@industrial.uson.mx; rossjc77@gmail.com;
heleodoro@guasave.udo.mx

Resumen. Para enfrentar al entorno cambiante, el desarrollo de nuevos productos (DNP) será una actividad fundamental y por tal motivo hay que diseñar nuevas habilidades que permitan hacer más eficaces la estrategia de desarrollo de productos. En el presente trabajo se presenta un modelo conceptual para la identificación del conocimiento clave en el desarrollo de nuevos productos, con la finalidad de identificar el conocimiento existente en cada uno de los empleados que participa en el desarrollo e implementación de un nuevo producto que la empresa decide desarrollar. Se plantea identificar el conocimiento existente en cada una de las etapas del DNP, que van desde los requerimientos del cliente hasta la etapa de empaque, apoyándose en una auditoría del conocimiento.

Palabras clave: Auditoría del conocimiento, desarrollo de nuevos productos, gestión del conocimiento.

1 Introducción

En el actual contexto competitivo, globalizado y cambiante el mayor valor de una empresa se centra en sus aptitudes que la hacen distinta de las demás, en especial su conocimiento adquirido o generado, es decir, capital intelectual, la velocidad con que nacen, compiten y mueren las ideas lleva a la necesidad de gestionar a las organizaciones de forma distinta, enfocando esta gestión en el intelecto de los individuos de la organización.

Por lo anterior, existen enfoques de gestión que reconocen el valor del conocimiento y que pretenden promoverlo, estructurarlo y hacerlo operativo o válido para la empresa, resaltando; valorar la importancia de la información y sobre todo del conocimiento, facilitar el aprendizaje en las organizaciones y valorar el aporte de las personas.

El objetivo del presente artículo es mostrar un modelo conceptual de cómo la auditoría del conocimiento permite la identificación del conocimiento clave para el desarrollo de nuevos productos.

La orientación de este artículo es básicamente derivado de una investigación bibliográfica donde se muestran las características de una auditoría del conocimiento y cómo puede apoyar para identificar el conocimiento clave existente en todas las fases del desarrollo de nuevos productos.

Una auditoría del conocimiento en el área de desarrollo de nuevos productos fortalece a la empresa, ya que se obtendrá información acerca de cada una de las fases que corresponden a la elaboración de un producto y se da valor agregado a la organización. La hace más competitiva y con mayor capacidad de responder a las demandas del mercado cambiante; ayudando al logro de las metas organizacionales, por el ahorro de tiempos y se mejorará de forma considerable la comunicación interna, contribuyendo de forma sustancial al logro de las metas.

La estructura del artículo inicia con el marco teórico en el cual se desarrollan los conceptos de gestión del conocimiento, auditoría del conocimiento y desarrollo de nuevos productos. A continuación se explica en base a la literatura cómo la auditoría del conocimiento puede apoyar en la identificación del conocimiento clave en el desarrollo de nuevos productos. Posteriormente, se hace una discusión del porqué es adecuada la auditoría del conocimiento para identificar el conocimiento clave en el desarrollo de nuevos productos y qué aspectos son importantes considerar para implementarla. Finalmente, se desarrollan las conclusiones del artículo

2 Marco Teórico

A continuación se desarrollan los principales conceptos de este artículo que son gestión del conocimiento, auditoría del conocimiento y desarrollo de nuevos productos.

2.1 Gestión del conocimiento

El conocimiento es más que datos e información, abarca a sí mismo; creencias y valores, creatividad, juicio, habilidades y experiencia, teorías, reglas, relaciones, opiniones, conceptos, experiencias previas [1].

El conocimiento es algo más, es un conjunto de información y de experiencias estructuradas, de valores y de información contextual que permiten cambiar la forma de actuar del receptor. El conocimiento, por tanto, incluiría tanto el «saber», como el «saber hacer» y el «saber estar», incluidos en el concepto de competencia; esto es, los conocimientos teóricos sobre un tema determinado, la aplicación de los mismos a la resolución de los problemas prácticos del trabajo, y las actitudes que facilitan un comportamiento acorde con los valores y la cultura de la organización. Así, el conocimiento se ha definido como un proceso de aprendizaje para poder hacer algo que antes no se sabía hacer, o para hacerlo mejor; por tanto, no se está ante una actividad

puntual, sino ante un proceso continuo que supone añadir valor activo a la información, al filtrarla, sintetizarla, resumirla y utilizarla en el trabajo [2].

El conocimiento se puede clasificar de dos maneras; tácito y explícito, el conocimiento tácito al que posee cada individuo en base a su experiencia, valores, sentimientos, creencias y que difícilmente puede ser almacenado en algún medio. El conocimiento explícito es aquel que encontramos en repositorios, como bases de datos, manuales, libros, videos, fotografías, entre otros [1].

La gestión del conocimiento se considera como la disciplina del siglo XXI, pero todavía tiene que hacerse cargo de todos sus frutos. Las expectativas son altas, pero una serie de barreras limitan los efectos de las iniciativas de gestión del conocimiento. Un problema serio es la falta de una evaluación completa para preparar el terreno para la implementación exitosa de las iniciativas de gestión del conocimiento. Una solución prometedora a este problema es el ámbito de las auditorías del conocimiento [3].

La gestión del conocimiento es la clave para ganar capacidad competitiva. Si la organización hace una planificación o implementación real de la gestión del conocimiento, una auditoría de gestión del conocimiento es siempre el primer paso [4].

2.2 Auditoría del conocimiento

Actualmente, muchas organizaciones no saben cuánto conocimiento poseen y si existen vacíos del mismo, pero de esto se encarga una auditoría del conocimiento que puede ser definida: como el componente actual que determina en un organización, lo que la empresa sabe y las necesidades futuras del conocimiento, es decir lo que la empresa debe saber, para lograr las metas futuras de la organización; permitiendo identificar soluciones relevantes a la fuerza de trabajo, la auditoría en sí misma, es un proceso de identificación del conocimiento que la organización considera de suma importancia para el funcionamiento exitoso de la organización, por lo cual se pueden observar vacíos y limitaciones que tiene la empresa referentes a conocimiento [3], [5], [6].

Las empresas se encuentran en una competencia global, y cada día se busca tener mayor competitividad, un medio para lograrlo es mediante la gestión del conocimiento y el uso de las tecnologías de la información. Para iniciar con el desarrollo de la gestión del conocimiento, es preciso primero llevar a cabo una auditoría del conocimiento la cual pretende detectar las necesidades existentes en la organización, fuentes de generación de conocimiento, cómo fluye el conocimiento, al igual que los vacíos que se presenten dentro de la organización [7].

Wiig, dice que una auditoría del conocimiento puede identificar exceso o escases de información, la falta de conciencia de la información en otros lugares de la organización, incapacidad para mantenerse al tanto de la información relevante, el significado de “reinventar la rueda”, el uso común de información caduca y no saber a dónde acudir para obtener experiencia de un área específica [8].

Una auditoría del conocimiento es la primera y la más importante etapa de una iniciativa de gestión de conocimiento, ya que permite hacer un análisis exhaustivo para

conocer el estatus del conocimiento organizacional, analiza los recursos de conocimiento que son críticos para el éxito de la organización. También permite determinar qué interesa saber, cómo y por qué se adquiere, accede, disemina, comparte y usa el conocimiento y, por lo tanto, ayuda a identificar los huecos y la manera como fluye a lo largo y ancho de la organización. Todas las propuestas coinciden en que las principales herramientas de auditoría de conocimiento son la encuestas/entrevistas de conocimiento, el inventario de conocimiento, la identificación de los flujos de conocimiento y los mapas de conocimiento, y que los resultados de la auditoría son el análisis del mapa de conocimiento, análisis y valoración del inventario y flujo de conocimiento y el conjunto de recomendaciones para que la organización diseñe una estrategia para implementar iniciativas de gestión de conocimiento [9].

2.3 Desarrollo de nuevos productos (DNP)

Las empresas que compiten hoy en día en los mercados internacionales son cada vez más conscientes de que el éxito DNP es requisito indispensable para el logro de ventajas competitivas sostenibles. Como consecuencia, tanto directivos como investigadores se esfuerzan por encontrar y aprender a implementar con eficacia prácticas que permitan mejorar la gestión de los procesos de DNP y su probabilidad de éxito [10].

Sin embargo, el proceso de DNP es una tarea difícil, no sólo porque para llevarla a cabo hay que simular el negocio completo —antes de que el nuevo producto alcance el mercado habrá pasado por cada función de la organización en uno u otro grado—, sino también porque necesariamente supone incertidumbre, tanto sobre la competencia como sobre la tecnología y la capacidad de la organización para llevarla a cabo y, lo que es más importante, sobre la aceptación por el cliente de algo que llegará en el futuro [11].

En el ambiente cambiante y competitivo de nuestros días, las organizaciones que desean competir y mantenerse en el mercado deben estar dispuestas a transformarse y afrontar los retos que les plantea el mercado. Esto implica desarrollar e introducir al mercado productos que respondan a los requerimientos de los clientes en cuanto a calidad, costos y tiempos de entrega. Para desarrollar nuevos productos existen una serie de etapas que se presentan a continuación: [12].

Estrategia de nuevos productos: Una estrategia de nuevos productos liga el proceso de desarrollo de nuevos productos con los objetivos del departamento de marketing, de la unidad de negocios y de la empresa. La estrategia de nuevos productos debe ser compatible con dichos objetivos y, a la vez, éstos deberán ser coherentes entre ellos.

Generación de ideas: Las ideas provienen de muchas fuentes: consumidores, empleados, distribuidores, competidores, proveedores, el área de investigación y desarrollo, y los asesores.

Filtración de ideas: El primer filtro en el proceso de desarrollo del producto, el cual elimina ideas incongruentes con la estrategia de nuevos productos de la compañía o que son evidentemente inapropiadas por alguna razón.

Análisis de negocio: Segunda etapa del proceso de filtración en que se calculan las cifras preliminares de demanda, costos, ventas y rentabilidad. También llamado estudio de viabilidad.

Desarrollo: Etapa en el proceso del desarrollo del producto en la que se crea un prototipo y se plantea una estrategia de marketing. El desarrollo simultáneo de productos es el enfoque orientado al trabajo en equipo para el desarrollo de nuevos productos que requiere de esfuerzos multidisciplinarios.

Pruebas de mercado: Introducción limitada de un producto y un programa de marketing para determinar las reacciones de clientes potenciales en una situación real del mercado.

Comercialización: Es la etapa final en el proceso de desarrollo de nuevos productos, es decir, la decisión de llevar un producto al mercado. La decisión de comercializar un producto hace que se inicien varias tareas: el pedido del equipo y materiales de producción, arranque de la producción, provisión de inventarios, embarque del producto a los puntos de distribución, capacitación de vendedores, y anuncio del nuevo producto a los negocios y a los consumidores potenciales.

3 La Auditoría del Conocimiento para Identificar Conocimiento Clave en el DNP

El conocimiento que posee una empresa es el factor clave para el desarrollo de la misma, y mucho más cuando esta se dedica a la creación de productos para la satisfacción de un mercado específico.

La actual situación globalizada de los mercados ha incrementado el nivel de competencia empresarial. Es necesario que las empresas sean capaces de evolucionar a medida que lo hace el mercado, desarrollando productos de forma rápida, con calidad, a bajo coste y totalmente orientados al cliente. Para ello se requiere la consideración de todos los factores que influyen durante el ciclo de vida del producto en la fase de diseño [13].

De igual manera la empresa decide que producir en base a las necesidades del mercado, ya sea productos novedosos, es decir, productos por los cuales hay una necesidad insatisfecha; productos sustitos o mejoras, o sea la reposición de productos existentes que incluyen una diferencia significativa del artículo; productos de imitación, que son nuevos para la empresa pero no para el mercado que los conoce [14].

El DNP es una tarea vital y estratégica para cualquier organización, y parte del hecho de que todo producto tiene un ciclo de vida. Si la empresa no reemplaza con nuevos productos aquellos que llegan a su etapa de retiro, dejara de ser rentable y perderá su razón de ser [15].

El DNP tiene la base en los conocimientos previos a productos similares que la empresa ha creado y cómo se ha desarrollado este proceso, ofrecer productos novedosos, con las características demandadas por el mercado, impulsa la calidad tanto del producto

como de la empresa, mucho de lo que producen las organizaciones tiene una base en la especialización de los diferentes tipos de conocimiento [16].

A continuación se muestra en la figura 1 un modelo conceptual de cómo se puede identificar el conocimiento clave existente en el DNP con apoyo de la auditoría del conocimiento.



Fig. 1. Un modelo para la identificación del conocimiento clave en el desarrollo de nuevos productos.

Se explica el modelo de la figura 1 donde se muestran cada uno de los componentes y la relación existente entre ellos.

La auditoría del conocimiento se basa en el análisis del conocimiento que posee la empresa y del requerido para el futuro, así mismo, el DNP requiere de conocimiento previo existente en la empresa, y todas las mejoras o innovaciones que la empresa genere impactaran en los procesos organizacionales y del producto elaborado.

El DNP requiere de la combinación de conocimientos y habilidades necesarias para llevar a cabo acciones útiles que resuelvan problemas o satisfagan necesidades. Las soluciones a estos problemas o necesidades se basan en una combinación de experiencia, conocimiento formal o explícito, capacidades específicas y conocimiento no codificado o tácito de los miembros de la organización [17].

La generación de conocimiento inicia desde que se hace una investigación inicial para el lanzamiento de un nuevo producto, pasando por las etapas de desarrollo hasta que dicho producto es lanzado al mercado. En el desarrollo de dicho proceso 1) Permiten debatir acerca del desarrollo de un stock de conocimientos relativo a las tecnologías que la organización puede desplegar y a su significado; 2) Pueden propiciar un stock de conocimientos basados en el mercado, que trate lo concerniente a las necesidades de los clientes, su comportamiento y las oportunidades del futuro; y 3) Crean un stock de conocimientos sobre los procesos administrativos, técnicos y de gestión, a través de los cuales se identifican los actuales y los nuevos productos y procesos [18].

El DNP eficaz mejora la capacidad de una organización para seguir siendo competitiva en un entorno de incertidumbre requiere de la creación, captura, recolección, intercambio y aplicación de conocimientos y experiencias. La capacidad de una organización para "aprender" significa que el conocimiento debe ser utilizado en los problemas y oportunidades a medida que surgen y se genera a través de una evaluación continua de cómo esas respuestas han tenido un impacto sobre la organización y su entorno [19].

El conocimiento no es estático, por lo que aquello que hoy es conocimiento innovador se convertirá mañana con el tiempo en conocimiento básico, por lo que la clave consiste en estar en forma continua generando y recreando conocimiento para mantenerse o posicionarse a la cabeza de la competencia en el sector de mercado en que desarrolla sus negocios [20], dicho lo anterior es necesario llevar a cabo una auditoría del conocimiento para conocer en qué situación se encuentra el conocimiento en la organización y de esa manera elegir una estrategia que apoye la transmisión del conocimiento.

Porque la innovación es a menudo la recombinación de las capacidades y recursos existentes, el desarrollo de capacidades es acumulativo y está limitado por la experiencia pasada. Además, la organización tiene una mayor experiencia en las zonas de aprendizaje pasado, por lo que se puede percibir, asimilar y aplicar nuevos conocimientos con mayor facilidad cuando se relaciona con el conocimiento previo. Estos procesos conducen a que se refuerza mutuamente el patrón según el cual las inversiones en las posibles soluciones se hacen en las zonas donde el aprendizaje se ha producido en el pasado [17].

Palacios [21] habla sobre las organizaciones inteligentes, capaces de crear, desarrollar, difundir y explotar el conocimiento para incrementar su capacidad innovadora y competitiva. Son las empresas que sobrevivan a la competencia cada vez más estrecha por los insumos y los mercados, las organizaciones que sean capaces de transformar la información en conocimiento mediante procesos de aprendizaje dirigidos.

La innovación se ha convertido en un factor crítico para la competitividad e innovar requiere contar con nuevos conocimientos, o utilizar conocimientos ya disponibles, pero de forma más eficiente. Y es en este contexto, en el que el aprendizaje continuo y el intercambio de conocimientos mediante diferentes canales de comunicación desempeñan un papel fundamental [22].

Al expandir la inteligencia se genera capital intelectual creando nuevo conocimiento, o sea la "materia prima" que permite a las personas innovar creando nuevos productos, servicios, procesos y métodos gerenciales [20].

Mejorar el proceso de DNP no se trata de soluciones rápidas, si no de la aplicación de mejores prácticas de desarrollo de productos. Se puede ver como un viaje (es decir, la mejora continua del proceso) y no como un destino y esto se apoya en el análisis actual de la información que se posee en este proceso [23].

4 Discusión

La auditoría del conocimiento está diseñada para brindar una radiografía de la empresa referente a la situación del conocimiento y la manera en la que fluye dentro de la organización, y cuando se menciona la palabra situación se refiere a la manera de cómo se documenta, transmite, genera, es decir, la explotación y utilización de dicho conocimiento.

Por otra parte las empresas actualmente se enfrentan a un mercado cambiante en muy corto plazo, por lo que es necesario adoptar estrategias capaces de aprovechar la velocidad del cambio, mismas que le permitan a la organización mantenerse activas en el mercado.

Tanto para las empresas de bienes como de servicio, el mercado tiene nuevas exigencias de productos, por lo cual, hay que tener la capacidad de cubrir las necesidades del cliente. El ciclo de vida de los productos y servicios es cada vez es más corto, y las empresas que deseen competir deberán disponer de mecanismos rápidos y efectivos de detección, desarrollo y lanzamiento de nuevas soluciones.

El establecimiento de estrategias para el DNP por parte de las organizaciones es crucial, debido a múltiples razones. En primer lugar la empresa debe ofertar de forma constante nuevos productos al mercado que presenta unos gustos y preferencias cambiantes y en continua evolución, por ello debemos ser conscientes de la necesidad de evolución de la oferta de la empresa. Los procesos de creación de nuevos productos se llevan a partir de la generación de ideas o requerimientos del cliente y por tal motivo hay que conocer la situación de esta generación de ideas y la documentación de todo este proceso.

Las empresas se vuelven expertas en cierto tipo de producto o servicio y sus empleados son expertos en el desarrollo de este producto, por lo cual hay que aprovechar ese conocimiento que poseen a la hora de diseñar o rediseñar estrategias para nuevos productos, lo cual permite un ahorro de activos.

La estrategia en el DNP está dada por una serie de pasos antes mencionados, mismos que se utilizan para el desarrollo de cualquier nuevo producto y cuando una empresa inicia el desarrollo de un nuevo producto, debe aprovechar la experiencia pasada, y por este motivo, puede llevarse a cabo una auditoría del conocimiento en el DNP, ya que las auditorías tienen la capacidad de mostrar el conocimiento clave existente, que puede ser utilizado para en el nuevo producto a desarrollar.

Es muy viable utilizar una metodología para auditar el conocimiento en el DNP, que permita la identificación y estado actual del conocimiento clave, durante las diferentes etapas que corresponden al desarrollo del producto, para dicha implementación debe considerarse diversos aspectos como; conocer los procedimientos de trabajo en el DNP,

productos y procesos clave, personas involucradas en el proceso de DNP y procedimientos de los cuales se tiene registros.

Al final, la auditoría mostrará la interrelación de personas, con qué conocimientos se cuenta registrados físicamente, que conocimientos existen en las diferentes fases, quiénes son los expertos en el DNP, con toda esta información, se logrará hacer más rápidamente el DNP, que permita el ahorro de activos y el aseguramiento éxito del nuevo producto a desarrollar.

5 Conclusiones

El DNP es una actividad crucial para el crecimiento, bienestar y permanencia en el mercado de muchas empresas, aún mayor si tenemos en cuenta las condiciones del entorno que le rodea: consumidores más exigentes con necesidades variables, cambios en la tecnología, incremento de la competencia, entre otras.

El DNP es un proceso caracterizado por múltiples incertidumbres y riesgos, por este motivo, hay que analizar aquellos factores o prácticas que van a permitir a las empresas optimizar sus procesos de DNP. En este sentido, una auditoría del conocimiento muestra que conocimiento se posee y cual se requiere para que dicho proceso sea menos riesgoso y más eficaz.

La idea de llevar a cabo una auditoría del conocimiento en el DNP es con la finalidad de conseguir que este proceso cada vez se ejecute con mayor efectividad y rapidez, logrando en cada iteración reducir el tiempo desde que se tiene la idea, hasta que es lanzada al mercado, ya que la auditoría apoya en la recolección de la información necesaria para que dicho proceso se desarrolle.

El disponer de la información de productos pasados y la experiencia acumulada en las personas involucradas, hace que la estrategia de DNP se desarrolle más fácilmente, logrando contribuir de manera considerable en el éxito de la organización y garantizando de cierta manera su permanencia en el mercado.

Las empresas que invierten en conocimiento y gestiones del mismo, están más cerca del éxito, dispondrán de una mayor productividad y lograrán mayores beneficios en el mercado cambiante y de esta manera viene la auditoría del conocimiento a apoyar la gestión y aprovechamiento ya existente en la empresa.

De esta manera la empresa contará con la capacidad para enfrentar las necesidades que el mercado demanda y con la facilidad para adaptarse a estas nuevas exigencias de forma más rápida.

6 Bibliografía

1. Perez-Soltero, A.: La auditoría del conocimiento y la memoria organizacional como apoyo a la gestión del conocimiento (2008)

2. Berrocal B., F., Pereda M., S.: Formación y gestión del conocimiento. *Revista Complutense de Educación*, 12, 639--656 (2001)
3. Levantakis, T., Helms, R., Spruit, M.: Method assembly approach towards the development of a reference method for knowledge auditing. Institute of Information and Computing Science, Utrecht University, Padualaan 14, 3584 CH Utrecht, The Netherlands (2008)
4. Wang, J., Xiao, J.: Knowledge management audit framework and methodology based on processes. *Journal of Technology Management in China*, 4, 239--249 (2009)
5. Bai-Ganasan, A., Durai-Dominic, D.: Six Stages to a Comprehensive Knowledge Audit. International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS'09). Malaysia (2009)
6. Perez-Soltero, A.: La auditoría del conocimiento en las organizaciones. *Revista Universidad de Sonora*, 25--28 (2009)
7. Jurinjak, I. y Klicek, B.: Designing a method for knowledge audit in small and medium information technology firms. Facultad de Organización e Informática. Universidad de Zagreb Pavlinska, Varaždin, Croacia (2008)
8. Liebowitz, J., Rubenstein-Montano, B., McCaw, D., Buchawalter, J., Browing, C.: The knowledge audit. *Knowledge and Process Management*, 7, 3--10 (2000)
9. Perez-Soltero, A., Barceló-Valenzuela, M., Sanchez-Schmitz, G., Martin-Rubio, F., Palma-Mendez, J.T., Vanti, A.A., 2007. A model and methodology to knowledge auditing considering core processes. *The Icfai Journal of Knowledge Management*, 5, 7--23 (2007)
10. Valle, S., Vázquez-Bustelo, D.: Inclusión de los proveedores en el proceso de desarrollo de nuevos productos. Un análisis de la industria española. *Revista Universia Business Review*, 4, 62--75 (2009)
11. Valle A., S.: Factores de éxito en el desarrollo de nuevos productos en las empresas industriales españolas. *Revista Economía Industrial*, 345, 173--184 (2002)
12. Lamb, C.W., Hair, J. F., McDaniel, C.: *Marketing*. México, D.F. (2008)
13. Galán de Vega, R., Racero M., J., García S., J.M.: Propuesta metodológica para el desarrollo de nuevos productos. En: VIII Congreso de Ingeniería de Organización. Leganés, España 9 y 10 de septiembre de 2004
14. Schnarch K., A., *Desarrollo de nuevos productos y empresas*. Bogotá, Colombia (2009).
15. Lerma K., A.E.: *Desarrollo de nuevos productos una visión integral*. Querétaro, México (2010).
16. Carlile, P. R.: A Pragmatic View of Knowledge and Boundaries: Boundary Objects in New Product Development. *J. Organization science*, 13, 442--455 (2002)
17. Marsh, S. J., Stock, G. N.: Building Dynamic Capabilities in New Product Development through Intertemporal Integration. *The journal of product innovation management*, 3, 136--148 (2003)
18. Suárez, J., Escorsa, P.: Consideraciones sobre la interrelación entre la gestión del conocimiento y la gestión de la innovación. Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Terrassa, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España / IALE Tecnología, Terrassa (Barcelona), España (2001)
19. Lemon, M., Sahota, P. S.: Organizational culture as a knowledge repository for increased innovative capacity. *J. Technovation*, 24, 483--498 (2004)
20. Vázquez, A. E.: La gestión del conocimiento para la innovación organizacional. En: 18º Congreso Nacional de Profesionales en Ciencias Económicas. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina del 16 al 18 de junio de 2010.

120 Alonso Perez-Soltero, Rosario Guadalupe Álvarez Quijada, Mario Barceló-Valenzuela y Heleodoro Sotelo Sanchez

21. Palacios M, M.: Aprendizaje organizacional: Conceptos, procesos y estrategias. Revista Hitos de Ciencias Económico Administrativas, 15, 31--39 (2000)
22. Amoros, A., Tippelt, R.: Gestión del cambio y la innovación: un reto de las organizaciones modernas. Beiträge aus der Praxis der beruflichen Bildung, 15 (2005)
23. Cormican, K., O'Sullivan, D.: Auditing best practice for effective product innovation management. J. Technovation, 24, 819--129 (2004).

Anotador Semántico en un Sistema de Gestión de Conocimiento de una División de Estudios de Posgrado e Investigación Tecnológica

Jesús Idelfonso Martínez Bojórquez, César Enrique Rose Gómez, Oscar Mario Rodríguez Elías, María Trinidad Serna Encinas

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Tecnológico S/N, Hermosillo, Sonora, México
idelfonso_mtz@hotmail.com, crose@ith.mx, omrodriguez@ith.mx, tserna@ith.mx

Abstract. Debido al crecimiento exponencial de la información es necesario aportar nuevas estrategias para la recuperación de la información, esto con el propósito de mejorar el tiempo en la búsqueda y consulta de la misma. Para lograr esto, se propone el diseño de un anotador semántico semiautomático para documentos, consiguiendo así que las computadoras comprendan la información contenida en estos. El presente trabajo se enfoca en el estudio de las herramientas de etiquetado semántico.

Keywords: Anotador semántico, recuperación de información, ontologías, web semántica.

1 Introducción

Actualmente, las personas realizan la búsqueda de información interactuando de forma activa con los buscadores existentes para acceder a grandes repositorios de datos, son ellas las que deciden a que fuente acceder, las que interactúan con cada una individualmente y las que combinan los resultados obtenidos. Esto conlleva, en varias ocasiones a resultados problemáticos, lo que implica invertir una gran cantidad de tiempo. El presente trabajo busca mejorar el tiempo invertido en este proceso, proponiendo el diseño de un anotador semántico semiautomático para la gestión del conjunto de documentos que se generan y utilizan en una División de Estudios de Posgrados e Investigación.

Las anotaciones semánticas involucran el proceso de análisis, extracción y marcado de la información para enriquecerla semánticamente. En más detalle, se analiza el contenido en busca de entidades semánticas y relaciones entre ellas, éstas se tratan de hacer encajar en una ontología, que define las clases, los atributos y relaciones de un dominio. Luego este apareamiento entre contenido y ontologías se describe con metadatos, es decir datos sobre los datos, finalmente la anotación se almacena [1], [2].

La mayoría de los anotadores semánticos son diseñados y utilizados para la anotación de documentos en la Web. El marco aplicativo del presente proyecto consiste en la documentación generada y utilizada en la División de Estudios de Posgrados e Investigación (DEPI) del Instituto Tecnológico de Hermosillo.

2 Marco teórico

En los últimos años las propuestas para apoyar el proceso de las anotaciones semánticas se han fortalecido. En un inicio las herramientas se enfocaban en apoyar el proceso, ofreciendo asistencia para el marcado directo por parte del usuario, en la actualidad, ofrecen marcos de trabajo que permiten incluso la automatización de esta tarea [3]. Estas herramientas las podemos dividir en:

- Anotadores manuales, entre éstos están: Annotea, Mangrove, Trellis Web, entre otras.
- Anotadores automáticos, entre ellos se puede citar: AeroDAML, AKTive Media, Armadillo, KIM, Melita, MnM, entre otras.

La gran mayoría de las herramientas mencionadas son anotadores desarrollados y utilizados para la Web Semántica.

El trabajo propio que se desarrolla en la DEPI es realizado a través de 18 procesos, estos procesos generan una gran cantidad de documentos, los cuales han sido clasificados en administrativos y académicos, asimismo se han clasificado de acuerdo al proceso y al expediente al cual pertenecen, actualmente se tiene clasificados 78 tipos de documentos.

3 Recuperación de documentos

Actualmente en la División de Estudios de Posgrado e Investigación se tiene un sistema de gestión de documentos que contiene un repositorio de documentos, adicionalmente se tiene una base de datos que permite mantener los datos necesarios para la gestión de los indicadores de la división. Ya que la información textual contenida en los diversos documentos, así como en diversos atributos de las bases de datos es extensa, se ha diseñado un sistema que permita mantener una estructura de indexación para la realización de búsqueda a través de palabras, esto permite junto con las consultas tradicionales en SQL obtener los documentos de interés como se ilustra en la figura 1.

Para los atributos correspondientes al repositorio de documentos se puede consultar por Nombre del documento, Palabras clave, Proceso y expediente al que pertenece, Fecha del documento, Alumno, Profesor y/o Administrativo al que pertenece, etc. Usando el módulo de recuperación de información es posible recuperar los documentos por su Descripción y Palabras Clave, y también de la base de datos de indicadores es posible recuperar por palabras que se encuentren en el Nombre de Publicación, Nombre del Proyecto de

Investigación, Nombre de Cursos, Nombre de Ponencias, Nombre de Conferencias, Nombre de la Tesis de Alumno o Profesor.

De tal manera que una mejora en la recuperación de documentos será posible si se considera el poder realizar una anotación semántica sobre el contenido del documento, en este punto es importante señalar que en el sistema de documentos cada vez que se digitaliza un documento se extrae el corpus de texto. Este texto será usado por el anotador semántico.

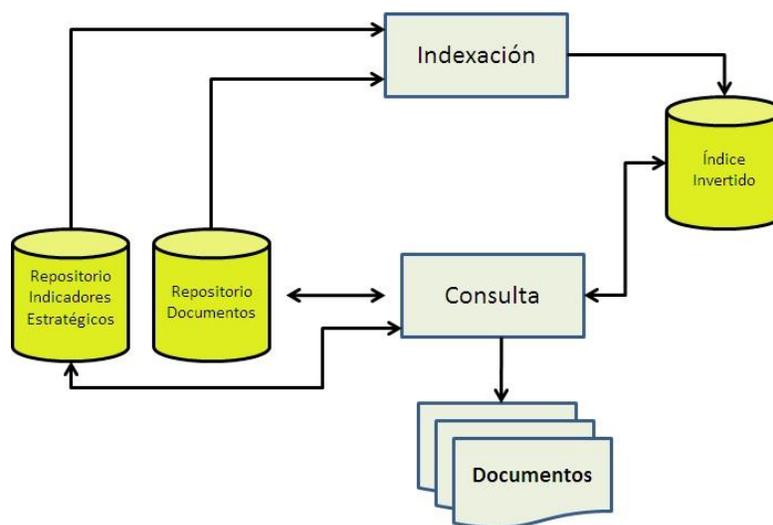


Fig. 1. Consulta de documentos e indicadores

4 Propuesta del anotador semántico

Las funcionalidades consideradas en el anotador semántico semiautomático son las siguientes:

1. Extraer anotaciones semánticas a partir de texto libre.
2. Realizar anotaciones basadas en el contenido para los siguientes propósitos:
 - Categorización de documentos.
 - Entidades nominadas
 - Anotaciones de dominio basadas en una ontología, para la identificación de conceptos e instancias, así como para la extracción de relaciones.

Estas funcionalidades se llevarán a cabo a través de los módulos que muestran en la Figura 2.

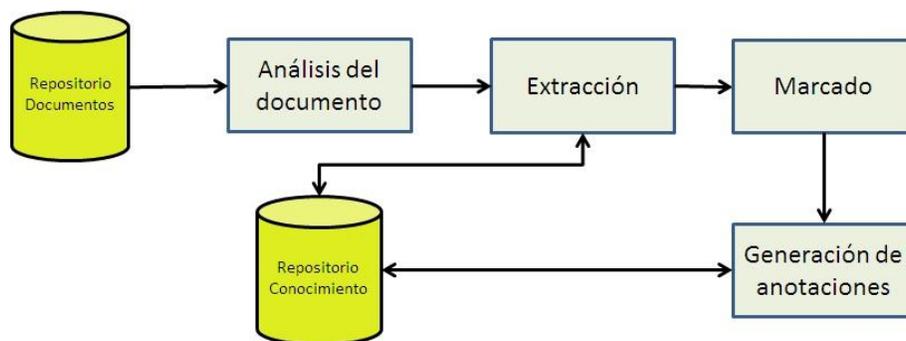


Fig. 2. Módulos del Anotador Semántico

5 Conclusiones

Los anotadores semánticos son principalmente elementos indispensables en proyectos enfocados en la Web Semántica, principalmente porque mejoran y optimizan el proceso de consulta y de recuperación de la información. La continuación del presente trabajo consiste en el diseño de un anotador semántico para documentos en un contexto de educación tecnológica.

6 Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de CONACYT con la beca número 60633 proporcionada al primer autor.

7 Referencias

1. González, M. T. H., J. L. Albert, and M. R. Artalejo. *Matemática discreta y lógica matemática*. Editorial Complutense, 2001.
2. Martínez García, Laura. *Hacia una clasificación automática de textos, a través de anotaciones semánticas y ontologías de dominio*. 2010.
3. Beltrán A., Rolando. *Adaptación de contenido para la Web Semántica: Anotaciones semánticas, estado del arte*. 2010.
4. Campoy Garrido, N. "Relaciones semánticas entre las palabras: hiponimia, sinonimia, polisemia, homonimia y antonimia. Los cambios de sentido, en *Contribuciones a las Ciencias Sociales*." *eumed.net*. 2010.
5. Buendía Castro, Miriam. *Anotación semántica en el dominio especializado de la Meteorología*. Granada, 2010.

7. Sánchez López, Silvia Esther. *Modelo de indexación de formas en sistemas VIR basado en ontologías*. Puebla, 2007.
8. Montalvo Martínez, Martín. *OntoLing Annotizer, una herramienta de ayuda para la anotación lingüística*. Madrid, 2009.

Estructura para el Diseño de Perfiles de Conocimiento Organizacionales

María de Jesús Velázquez Mendoza, Oscar Mario Rodríguez Elías, Cesar Enrique Rose Gómez, Sonia Regina Meneses Mendoza

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Tecnológico S/N, Hermosillo, Sonora, México, 83170
{rvelazqu, omrodriguez, crose, so_meneses}@ith.mx

Abstract. La operación y crecimiento de la empresa actual considera además de las capacidades del empleado, el conocimiento contenido en documentos, procedimientos, sistemas y herramientas de apoyo para el logro de sus objetivos de negocio. Este proyecto propone un esquema para describir los recursos principales que interactúan en una organización, con el propósito de delimitar sus capacidades y el conocimiento requerido para el alcance de sus objetivos. Se busca brindar una herramienta para la integración de las características de estos elementos mediante una estructura genérica automatizable.

Keywords: Competencias del conocimiento, Capital Intelectual, Capacidades individuales y organizativas.

1 Introducción.

Los perfiles de conocimiento en el ámbito organizacional permiten definir el conocimiento esencial que un individuo debe tener al momento de cubrir un cargo.

El capital humano en las empresas es asociado al capital relacional limitando la estructura del perfil de conocimiento a su contexto funcional y operativo. Un perfil de conocimiento que integre el capital organizativo alineado al capital tecnológico posibilita la generación de ventajas competitivas sostenibles en la empresa.

Este proyecto está enfocado a examinar los métodos o técnicas utilizadas en la actualidad, ya sea por las empresas o en estudios de investigación que están orientados a definir perfiles de conocimiento.

El propósito es diseñar una base genérica automatizable para la gestión de perfiles de conocimiento que integre tanto los recursos como las capacidades que conducen a un mejor desempeño de las organizaciones explotando las capacidades contenidas en el capital estructural.

2 Objetivo general

Diseñar un modelo que permita estructurar perfiles de conocimiento adaptativos a las organizaciones para gestionar el conocimiento y fortalecer su capital intelectual.

3 Antecedentes

La premisa de este proyecto está dada por dos fuentes identificadas que se inclinan hacia la necesidad de generar perfiles de conocimiento que integren características propias de cada elemento inmerso en los flujos de conocimiento de una organización.

- La necesidad de generar perfiles de conocimiento para la empresa del ramo de la Ingeniería de Software, en donde se integren los requerimientos de conocimiento de los sectores académico, industrial y gobierno [1], esta arquitectura se presenta en la figura 1.

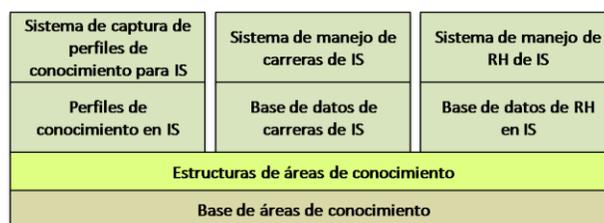


Fig. 1. Arquitectura general del sistema de áreas de conocimiento.

- Los principios organizadores de los perfiles de conocimiento para la continuidad del conocimiento en las empresas. Dentro de ellos están: integrar solo conocimiento operativo crítico, la necesidad de un medio estructurado para la identificación de este conocimiento, que sean fáciles de comprender con significado tanto para los titulares de un cargo como los sucesores, considerar un control de acceso restringido a ciertos aspectos de los perfiles de conocimientos, entre otros [2].

4 Actividades realizadas

Se definió un protocolo de revisión de literatura, mismo que nos permitió establecer el seguimiento de criterios de búsqueda, inclusión, exclusión y estrategias de selección [3]. Con dicha actividad se obtuvieron 37 fuentes de información de las cuales solo 4 estuvieron relacionadas con el enfoque de este proyecto.

5 Resultados

Se identificaron 4 elementos claves que están relacionados ontológicamente para la utilización óptima de los recursos y capacidades dentro de una organización, descritos a continuación.

5.1 Capital intelectual.

La “Acumulación de conocimiento que crea valor o riqueza cognitiva poseída por una organización, compuesta por un conjunto de activos de naturaleza intangible o recursos y capacidades basados en conocimiento, que cuando se ponen en acción, según determinada estrategia, en combinación con el capital físico o tangible, es capaz de producir bienes y servicios y de generar ventajas competitivas o competencias esenciales para la organización en el mercado” [4].

5.2 Flexibilidad organizativa

En la actualidad la globalización marca para las organizaciones contextos cambiantes e inciertos en donde el éxito de las mismas depende fundamentalmente de la capacidad de adaptabilidad y movilidad de los recursos [5].

5.3 Gestión del conocimiento en las organizaciones.

Los procesos claves son la comprensión, creación de nuevas ideas, solución de problemas, toma de decisiones y acciones para el logro de los resultados deseados en la organización, esto lo integra el modelo ICAS KM (Sistema Inteligente de Adaptación Compleja para la GC) [6].

5.4 Alineación estratégica.

Existen dos variables en el rendimiento de las organizaciones: tecnologías de información y gestión de recurso humano. Las empresas que centran sus estrategias de TI en el uso estratégico de las mismas obtienen un efecto significativo en el crecimiento o rentabilidad del negocio [7].

Una arquitectura ontológica que implemente el uso de metadatos que figuren en documentos (por ejemplo páginas web de proyectos e informes) y que muestre información adicional acerca de las habilidades de los empleados permite agregar valor mediante sus procesos de inferencia [8].

6 Hacia una estructura de gestión de perfiles de conocimiento

Partiendo de los resultados obtenidos se propone integrar los recursos y capacidades contenidos en toda organización (Recurso Humano, Procesos, Fuentes de información, etc.) alineados hacia el objetivo de negocio con el propósito de hacer de esta un organismo más rentable. La figura 2, nos muestra el punto de partida al momento de generar un perfil de conocimiento, así como las áreas principales a considerar en la estrategia de negocio. Como puede observarse, el área contenedora de la fuente principal del capital intelectual está en la gestión del recurso humano, y es precisamente este elemento quien debe involucrar todas sus capacidades (GC) para el uso estratégico de los recursos que estén a su alcance (TI) en cualesquier actividad a desempeñar (GP). Esto permite garantizar el fortalecimiento constante del objetivo de negocio.

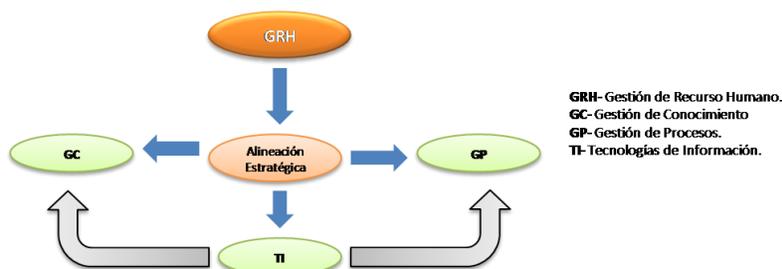


Fig. 2. Alineación estratégica del recurso humano.

En la figura 3 se puede presenciar que el recurso humano de las organizaciones ejerce un rol dentro de al menos un proceso de trabajo, mismo que es complementado con sistemas y herramientas tecnológicas y normas que guían dichos procesos de trabajo para la generación de un producto objetivo de la empresa.

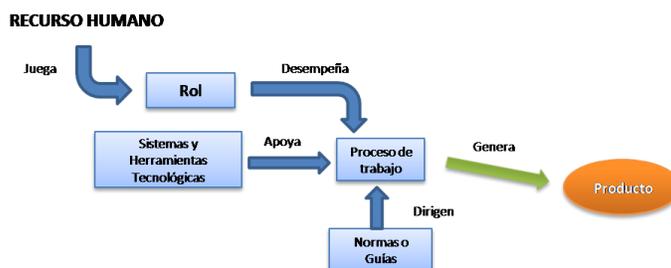


Fig. 3. Escenario del recurso humano en la empresa.

La red semántica que se muestra en la figura 4 representa dicho proceso. En ella se observa que el empleado cubre un puesto de trabajo dentro de una empresa, se integra a ciertos procesos de trabajo a través de roles que son representados por su puesto y utiliza cierta documentación que complementa dichos procesos.

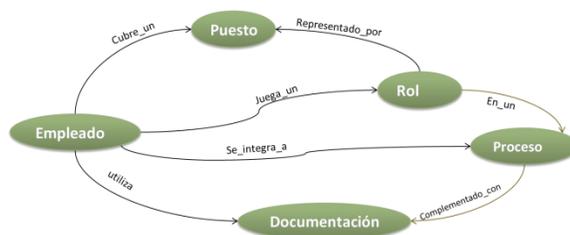


Fig. 4. Red semántica de la gestión del recurso humano.

El avance de esta estructura para la gestión de perfiles de conocimiento, mismo que se muestra en la figura 5, se reduce en:

1. Identificación de los objetos claves dentro de la organización: puesto, empleado, rol, proceso y documentación.
2. Establecimiento de medidas genéricas para la cuantificación del conocimiento contenido en los objetos puesto, empleado y rol.
3. Delimitación del comportamiento (estático/dinámico) de cada uno de estos objetos clave en el sistema.
4. Determinación de desarrollo de una ontología para la generación de inferencias partiendo del conocimiento contenido en los objetos.

Esta herramienta permitirá a la empresa contar con una base de conocimiento contenido en cada uno de sus empleados, para poder inferir y enfocarse a las necesidades que la conduzcan al logro de sus objetivos estratégicos. En otras palabras, podrá visualizar más eficientemente sus fortalezas y debilidades con respecto a su capital intelectual facilitándole la planeación de sus programas de formación, capacitación e integración de sus empleados a sus procesos de trabajo.

7 Conclusión

El avance del proyecto integra la investigación documental y el inicio de la estructura automatizable. La intención es lograr su adaptación a las necesidades preferentemente de las pequeñas y medianas empresas, a través de una herramienta que permita administrar e inferir las necesidades enfocadas a la buena gestión de los recursos y capacidades contenidas en el objeto empleado, puesto, proceso, rol y fuentes de información.

El perfil de conocimiento a obtener para cada uno de estos objetos estará determinado por un procedimiento operativo en el cual se considerará:

- Una etapa de definición de objetos a partir de una estructura orgánica y procesos operativos ya establecidos en la organización.
- Un vector base contenedor de los niveles de conocimiento óptimo para cada uno de estos objetos.
- Un proceso de captura dinámica del conocimiento contenido en los objetos que agreguen valor al capital intelectual de la organización, y
- Una etapa de inferencia que permita el ajuste de los recursos y capacidades contenido en dichos objetos



Fig. 5. Percepción general de la estructura contenedora de perfiles de conocimiento.

8 Agradecimientos

Agradecemos el apoyo otorgado mediante beca comisión de DGEST al primer autor (Oficio 513.2.2/2199/11). De igual forma el financiamiento parcial de PROMEP (Oficio 103.5/11/840) para el desarrollo de este proyecto.

9 Bibliografía.

- Rodríguez Elias, O.M., Martínez García, A.I.: Hacia la definición de un esquema de clasificación de áreas de conocimiento para ingeniería de software en México. In: Hernández Aguirre, A. and Zechinelli, J.L. (eds.) Avances en la Ciencia de la Computación: Memorias de los talleres del ENC 2006. pp. 47-52. San Luis Potosí, México (2006).

2. Beazley, H., Boenish, J., Herden, D.: La continuidad del conocimiento en las empresas. Norma, Bogotá, Colombia (2004).
3. Kitchenham, B.: Procedures for Performing Systematic Reviews. Australia (2004).
4. Bueno, E., Paz, M., Merino, C.: Génesis, concepto y desarrollo del capital intelectual en la economía del conocimiento: Una reflexión sobre el Modelo Intellectus y sus aplicaciones. *Estudios de Economía Aplicada*. 26, 43-64 (2008).
5. Morales Calderon, J.R., Salvador García, S.: Dirección y Administración de Personal en el Siglo XXI - Actualidad y desafíos -. *Administración*. 135-152 (2006).
6. Dalkir, K.: *Knowledge Management in Theory and Practice*. Elsevier, Burlington, USA (2005).
7. Yang Chen, Y., Ling Huang, H.: The Knowledge Management Strategic Alignment Model (KMSAM) and Its Impact on Performance: An Empirical Examination. In: Virtanen, P. and Helander, N. (eds.) *Knowledge Management*. pp. 25-34. In-Tech, Vukovar, Croatia (2010).
8. York, S., Alexander, M., Steffen, S.: Leveraging Corporate Skill Knowledge —From ProPer to OntoProPer. In *Proceedings of PAKM*. 1-12 (2002).

Propuesta metodológica para determinar el índice de Economía basada en el conocimiento en el estado de Sonora

Jaime León Duarte y Denis Orozco Alvarez

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
jleonduarte@gmail.com, denis.orozco.alvarez@gmail.com

Resumen. La Economía basada en el conocimiento (EBC) es una opción para los países, estados y regiones que quieran crecer y prosperar en los aspectos económicos y sociales de su entorno. Para conocer donde estamos ubicados como región y poder mejorar en este aspecto, se propone determinar un índice de EBC basado en metodologías probadas y validadas internacionalmente para conocer las debilidades y fortalezas de la región en cuestión. Es así como la presente investigación expone la propuesta de una metodología adaptada a las condiciones y situaciones de la entidad Sonorense para conocer el índice de EBC.

Palabras clave: Auditoría del conocimiento, desarrollo de nuevos productos, gestión del conocimiento.

1 Introducción

Debido al mundo tan competitivo que vivimos, tanto las organizaciones, universidades y gobierno están en busca de la prosperidad social y el desarrollo económico.

Se tiene evidencia empírica de que los países que han invertido en capital intelectual están más desarrollados que los que no invierten.

En los últimos años la Economía ha pasado de una economía basada en la tierra y el capital a otra donde su principal motor es el conocimiento (Economía basada en el conocimiento).

Para poder medir esta Economía basada en el conocimiento es necesario construir indicadores que nos permitirán conocer donde estamos ubicados como organización, Estado o nación.

2 Marco Teórico

Una economía del conocimiento (KE) es la que utiliza el conocimiento como el motor fundamental. Es una economía donde el conocimiento se adquiere, crea, difunde y utiliza con eficacia para mejorar el desarrollo económico. [1]

La ciencia, la tecnología, y la innovación, tienen un papel protagonista en el crecimiento económico, en la productividad, en la competitividad, en el desarrollo sostenible y en el mejoramiento de la calidad de vida de una sociedad. Sin una correcta medición, no se puede planificar, prever e innovar. [2]

El Índice de Economía del Conocimiento es una herramienta de medición que presenta, de manera general, los atributos que deben contar las entidades federativas para competir en la dinámica económica actual y de los próximos años.

En el 2008, las variables en donde había correlación con la EC cayeron drásticamente, dejando a Sonora en la peor crisis de su historia. Esta problemática debe hacernos cambiar, no podemos hipotecar el futuro económico y social dependiendo de la inversión extranjera, debemos entender los nuevos tiempos, crecer para adentro y asociarnos con la inversión extranjera de otra forma. [3]

El examen del crecimiento económico de México y Sonora, con sus saldos de estancamiento relativo en el concierto mundial y de la frontera norte, reveló que es precisamente el bajo crecimiento económico, por lo que la incorporación a la economía del conocimiento es crucial para resolver el grave problema de la baja productividad de la economía mexicana y sonorenses en particular. [4]

3 Planteamiento del problema

Es necesario conocer la situación actual del estado de Sonora en términos de Economía basada en el conocimiento bajo metodologías probadas y validadas internacionalmente.

4 Metodología

¿Cómo se mide la EBC?

Una de las metodologías más utilizadas y en la cual será la base para esta investigación, es la creada por el Banco Mundial denominada “Metodología de Evaluación del Conocimiento” (*KAM*). Que sugiere cuatro pilares sobre los que debe apoyarse una *Economía Basada en el Conocimiento*:

- 1) **Un régimen económico e institucional**, que provea incentivos para el uso eficiente del conocimiento, ya sea previo o nuevo.
- 2) **Una población educada** y capacitada para crear, compartir y utilizar el conocimiento de manera efectiva.

- 3) **Una infraestructura dinámica** de la información que facilite la comunicación, difusión y procesamiento de la información.
- 4) **Un sistema de innovación** eficiente que incluya centros de investigación, universidades, consultorías y otras organizaciones capaces de utilizar el conocimiento global.

Estos 4 pilares contemplan en total 109 variables con las que se construye el *Índice de la Economía del Conocimiento (KEI)*.

Tabla 1. Variables seleccionadas para medir régimen económico en los municipios y/o regiones de Sonora

▪ Ingresos municipales.	▪ Producto Interno Bruto per cápita.	▪ Participación Municipal en el PIB estatal.
▪ Desarrollo Humano.	▪ Pobreza.	▪ Desempleo
▪ Empleo en el sector secundario	▪ Servidores públicos	▪ Esfuerzo tributario
▪ Participación electoral	▪ Capacidad para cumplir con deudas	▪ Ingresos propios.

Tabla 2. Variables seleccionadas para medir el nivel en los Sistemas de Innovación en los municipios y/o regiones de Sonora.

▪ Investigadores SNI	▪ Patentes
----------------------	------------

Tabla 3. Variables seleccionadas para medir el nivel de Educación y genero en los municipios y/o regiones de Sonora.

▪ Alfabetización	▪ Años promedio de Escolaridad	▪ Inscripción a educación media básica
▪ Inscripción a educación media superior y superior	▪ Mujeres en educación media básica, media superior y superior	▪ Personal en servicios profesionales, científicos y técnicos.
▪ Sobrevivencia infantil	▪ Participación femenina en el gobierno	▪ Inversión pública en educación, cultura y deporte
▪ . Mujeres en la fuerza laboral	▪ Desarrollo del género.	

Tabla 4. Variables seleccionadas para medir infraestructura dinámica en Sonora.

▪ Líneas Telefónicas	▪ Centros Comunitarios con Acceso a Internet.	▪ Computadoras
▪ Televisión	▪ Casas con cable	▪ Telefonía Rural

5 Conclusiones

Las variables que conforman los índices fueron seleccionadas en base al acceso y credibilidad de la información.

El índice EBC es una herramienta que nos permite conocer y comparar donde estamos situados por regiones, municipios, a nivel estatal, nacional y mundial debido a la adaptabilidad de la metodología KAM.

Los resultados nos conducirán una Economía basada en el conocimiento que ayudara al fortalecimiento de la educación, las tecnologías de información y comunicaciones, fomentando la innovación, ayudara a mejorar la gobernanza y el régimen económico e institucional.

6 Referencias

1. Derek H. C. & Carl J., 2006. The knowledge economy, the KAM methodology and world bank operations. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.
2. Alcázar E. & Lozano A. 2009. Desarrollo histórico de los indicadores de Ciencia. y Tecnología, avances en América Latina y México. Revista Española de Documentación Científica. Pp. 119-126.
3. Mesinas Cortés, C.:(2010) Gestión del conocimiento: medición del aprendizaje manufacturero en PYMES de Hermosillo, Sonora, Edición electrónica gratuita. Texto completo en www.eumed.net/libros/2010b/685/.
4. Erquizio A. 2010. Sonora ante la economía del conocimiento: una perspectiva macroeconómica, 1970-2006 en: Basurto R, Bocanegra C, Flores R, García G, Vargas F, Vázquez M, Ramírez M.2010. Sonora: la competitividad regional y empresarial ante la economía del conocimiento. Hermosillo Sonora. Universidad de Sonora. Segundo capítulo. Pp. 55-99.

Modelo para Potenciar el Conocimiento Organizacional en una Empresa Cárnica del Sur del Estado de Sonora

Mario Barceló -Valenzuela, Emmy Getsel Sánchez Córdova, Alonso Pérez -Soltero

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
{mbarcelo, aperez}@industrial.uson.mx, emmy.sanchez@live.com.mx

Resumen. La evolución de las condiciones del mercado, caracterizado por un notable incremento de la competitividad y la globalización, ha derivado en un entorno empresarial muy complejo y dinámico. Ante ello, la Gestión del Conocimiento aparece como factor clave en el apoyo hacia las organizaciones, convirtiéndose en una de las herramientas fundamentales en la gestión empresarial. El presente artículo ofrece un enfoque a partir del cual se permitirá potenciar el conocimiento que se genera dentro de una organización, gestionando el conocimiento acumulado, para generar nuevos activos intangibles que permitan mejorar, innovar y ser más competitivos, a través de un modelo que continuamente asegure identificar, almacenar, difundir y aplicar el conocimiento, con el objetivo de mejorar su capacidad de resolución de problemas, habilidades, para una mejora continua de sus productos y procesos.

Palabras Clave: Gestión del conocimiento, conocimiento organizacional, gestión empresarial, activos intangibles.

1 Introducción

En los últimos años, se ha incrementado de forma considerable la importancia del conocimiento, convirtiéndose en la fuente de ventajas competitivas para las organizaciones, encausando con celeridad a su creación y difusión; por ello, se deben aplicar modelos que permitan la evolución de los recursos tangibles e intangibles que posee la organización, las capacidades de aprendizaje individuales y colectivas; es decir, potenciar el conocimiento a través de técnicas, como un nuevo factor de producción que se manifiesta en pro de su desarrollo y crecimiento. Las organizaciones deben construir y establecer procedimientos, tecnologías que faciliten el intercambio de información, a través del enfoque de Gestión del conocimiento, originando que el capital intelectual aumente de forma significativa al mantenerlo protegido y cultivado entre los miembros de la organización, ya que representa una moneda intelectual que produce el mayor valor cuando se distribuye.

2 Marco Teórico

La Gestión del Conocimiento (GC) según [1], es el proceso por el que se busca construir de manera consciente el cuerpo de conocimientos dentro de la organización. Son las actividades encaminadas a la adquisición, almacenamiento, diseminación y utilización del conocimiento por los empleados, para alcanzar los objetivos de la organización. El conocimiento es una mezcla de experiencia, valores, información y “saber hacer”, que sirve como marco para la incorporación de nuevas experiencias e información, y es útil para la acción, debe ser comunicado, compartido, completado y reutilizado con el fin de generar ventajas competitivas sostenibles en el tiempo [2].

Polanyi plantea que el conocimiento se clasifica en: tácito y explícito. El conocimiento tácito es intangible, está vinculado a las perspectivas personales, la intuición, las emociones, las creencias, experiencias y valores. Por el contrario, el conocimiento explícito tiene una dimensión tangible que puede ser más fácilmente capturado, codificado y comunicado [3], [4]. El conocimiento organizacional tiene un gran valor, los seres humanos crean a partir de él, nuevas ideas, visiones e interpretaciones, que aplican al uso de la información y la toma de decisiones, debe ser resguardado, documentado a favor de la organización, evitando su pérdida con la ausencia del experto y originando que otros empleados puedan beneficiarse de las experiencias adquiridas y documentadas, a través de un sistema de captura que permita crear el acervo para resolver los problemas similares que puedan presentar más adelante [5].

Existen diversos modelos que apoyan en forma sistemática la conversión del conocimiento; entre ellos, el Modelo de Nonaka y Takeuchi, éste se fundamenta en el proceso de transformación del conocimiento a través de cuatro fases: Socialización (de tácito a tácito), Exteriorización (de tácito a explícito), Combinación (de explícito a explícito) e Interiorización (de explícito a tácito). El Modelo de Gestión por Procesos, es una representación a la teoría de la producción y apropiación social del conocimiento, su objetivo es mostrar la funcionalidad de los proyectos en los procesos de diagnóstico, diseño, implementación y evaluación que puedan desarrollarse para expresar y evaluar la Gestión del Conocimiento organizacional [4], [6].

En definitiva una organización que aprende, es experta en crear, adquirir el conocimiento y modificar su comportamiento para reflejar nuevos conocimientos e interpretaciones; por tal motivo, es necesario potenciar las aptitudes de los empleados y elevar su productividad al captar todo el conocimiento organizacional, y llevar a cabo un proceso a través del cual, haya personal calificado, permitiendo sobrevivir ante la competencia [7].

3 Descripción del Problema

La empresa Cárnica del Sur del Estado de Sonora, ubicada en la carretera federal No. 15, en las cercanías a la ciudad de Navojoa, inicio sus operaciones en 1984, industria cárnica de cerdos nacional e internacional. En lo referente a la gestión del conocimiento

organizacional, ha dado pequeños pasos, preservándolo sin tener una estrategia establecida, lo ha documentado más por necesidad de certificación, que por constancia. Sin embargo, a pesar de existir conocimiento organizacional, se pierden conocimientos valiosos que servirían satisfactoriamente en el crecimiento de la empresa y de los empleados, ya que no se documenta, principalmente el conocimiento tácito que vendría a enriquecer el aprendizaje de los trabajadores y nuevos integrantes. Se carece de un sistema integral (sistema tecnológico) para guardar, conservar y aprovechar los conocimientos de procedimientos de trabajo detallados, experiencias, que puedan beneficiar la curva de aprendizaje y toma de decisiones.

4 Desarrollo de la Solución

A consecuencia del entorno plasmado, se propone diseñar un modelo que permita potenciar el conocimiento organizacional, a través de un proceso estratégico conformado por cuatro fases, como se muestra en la figura 1, las cuáles permitirán construir un flujo cíclico de información, que encausará a un proceso de aprendizaje continuo dentro de la organización, logrando elevar y desarrollar el capital intelectual.

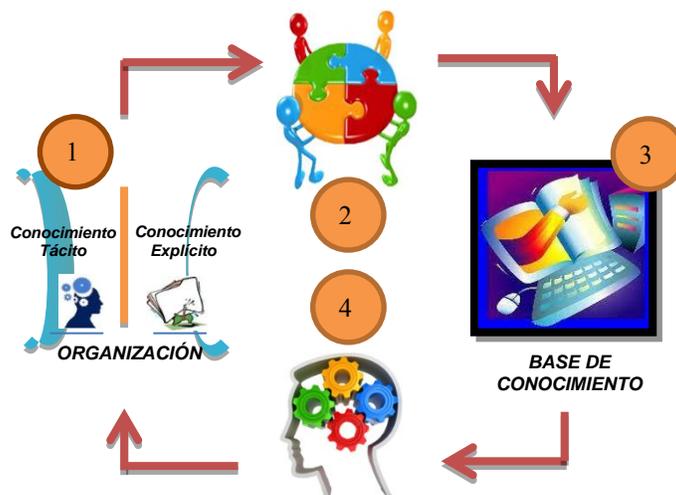


Fig. 1. Modelo para Potenciar el Conocimiento Organizacional.

Fase 1. Identificar el Conocimiento: se centra en focalizar el conocimiento tácito de los empleados, así como también, identificar el conocimiento explícito que se encuentra dentro de la compañía. *Fase 2. Almacenar el Conocimiento:* contribuye en convertir el

conocimiento individual en organizacional a través del almacenamiento, cuya finalidad es incrementar el capital intelectual y evitar el riesgo de pérdida con la ausencia del experto. *Fase 3. Difundir el Conocimiento:* consiste en transmitirlo, por medio de la Base de Conocimiento Organizacional. *Fase 4. Aplicar el Conocimiento:* es el punto de partida hacia la creación del nuevo conocimiento, mediante la utilización de forma efectiva del mismo, con el objetivo de incrementarlo, reducir el tiempo de respuesta y mejor toma de decisiones por los empleados de la organización.

5 Resultados

El modelo descrito, es parte de una investigación reciente en la Empresa Cárnica del Sur del Estado de Sonora, cuyos beneficios potenciales se reflejarán al finalizarla: mejorando el rendimiento de los empleados y reduciendo el tiempo de capacitación de nuevos integrantes, a través de dos momentos fundamentales; el primero deberá darse una vez que forman parte de la empresa, brindar las herramientas necesarias que permitan al empleado capacitarse mediante experiencias registradas en los documentos de consulta, y durante su estadía, adiestrarse a través de información puesta al alcance, con la finalidad de lograr una especialización más rápida, disminuyendo la curva de aprendizaje y aumentando la competitividad. Esto se logrará mediante estrategias, tales como, entrevistas, encuestas, mesas redondas, reuniones informales, las cuáles permitirán identificar el conocimiento, retenerlo y potenciarlo a través del uso y aplicación del mismo.

6 Conclusiones

La conceptualización del modelo, los elementos que lo integran, son resultado del análisis de diversas lecturas y de obtener un mecanismo para satisfacer las necesidades y requerimientos de la empresa. El modelo facilitará la investigación y dará pauta a obtener un modelo más integral, el cual propicie resolver los problemas que enfrenta la Empresa Cárnica del Sur del Estado de Sonora, así como también, obtener un mayor crecimiento en la organización, a través de nuevas propuestas por los empleados adscritos a ella y futuros integrantes.

7 Bibliografía

1. Perez-Soltero, A.: La auditoría del conocimiento y la memoria organizacional como apoyo a la gestión del conocimiento (2008)
2. La gestión del conocimiento a través de las nuevas tecnologías, <http://www.suite101.net/content/la-gestion-del-conocimiento-a-traves-de-las-nuevas-tecnologias-a22638>

3. Stenmark, D.: Turning tacit knowledge tangible. International Conference on System Sciences, 33, 1--9 (2000)
4. Ahmad S., M. N., Hidayati Z., N., Shu C., L., Soh F., L.: Facilitating Knowledge Sharing Through Lessons Learned System. Journal of Knowledge Management Practice (2005)
5. Barceló-Valenzuela, M., Sánchez-Schmitz, G., Romero-Dessens, L. F., Perez-Soltero, A.: La importancia de preservar el conocimiento en las organizaciones. Sociedad&Conocimiento, 12, 21--33 (2009)
6. Soto B., M. A., Barrios F., N. M.: Gestión del Conocimiento. Parte II. Modelo de gestión por procesos. Acimed, 14, 1--16 (2006)
7. Nieves L., Y., León S., M.: La gestión del conocimiento: una nueva perspectiva en la gerencia de las organizaciones. Acimed, 9, 121--126 (2001)

Aplicación de gestión del conocimiento en la administración de proyectos en una compañía que manufactura aromatizantes ambientales, mediante el uso de tecnologías de la información

Mario Barceló-Valenzuela, Enrique Ríos Zuñiga y Alonso Perez-Soltero

¹Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
{aperez, mbarcelo}@industrial.uson.mx,
enrique.rios.zuniga@gmail.com

Resumen. La aplicación de la gestión del conocimiento (GC) es efectiva para las empresas, con el fin de evitar la pérdida de los conocimientos adquiridos en el desarrollo de los proyectos. Se analiza la estrategia empresarial y las tecnologías de la información aplicadas en el desarrollo de un proyecto de gestión de información en una empresa fabricante de aromatizantes ambientales. El propósito es compartir los conocimientos aplicados y contribuir en la medida de lo posible a la difusión de este tipo de sistemas en otras empresas y organizaciones. Se presenta la metodología utilizada para su realización y el modelo tecnológico de soporte. Por último se hace una revisión de los resultados y beneficios derivados de este proyecto para la empresa

Palabras clave: Administración de proyectos, desarrollo de nuevos productos, gestión del conocimiento, tecnologías de la información.

1 Introducción

En el pasado, la GC ha sido considerada como el conjunto de activos tecnológicos y políticas de gestión que compensan las deficiencias de información [1]. La formulación de los problemas usualmente es difícil de identificar debido a que a menudo nos sirven para establecer los objetivos de la organización, es la base de la filosofía interna y adicional porque debe darse una mayor consideración o peso a éstos; Greiner [2] afirma que las organizaciones y los objetivos de la GC y las estrategias deben estar alineados y ser sostenibles. Una parte de la GC es el repositorio de información, el cual puede contener datos, información y conocimiento. Cuando el conocimiento es almacenado en un sistema de información se convierte en explícito y es transmisible, consensuado, e integrado [3].

Hoy en día muchas compañías enfrentan la solución a sus problemas clasificándolos como proyectos individuales y hacen uso de las técnicas de administración de proyectos (AP) para lograr mejores resultados. Por definición AP, es un proyecto complejo, no rutinario, con esfuerzos restringidos, limitados por el tiempo, presupuesto, recursos y especificaciones diseñados para satisfacer las necesidades del cliente [2]. También puede ser visto como un conjunto de actividades temporales realizadas por una organización ad hoc [4].

Después de la realización de un proyecto, las partes involucradas pasan a un nuevo proyecto, renuncian o se jubilan. Por lo general, mucho del conocimiento adquirido es perdido y las lecciones aprendidas se dispersan al final si no se registran o se comparten correctamente [5, y 6]. Dado que la mayoría sabe el cómo, el qué, y las experiencias que existen en las mentes de las personas, capturar el conocimiento tácito de expertos e ingenieros que participan en los proyectos y la reutilización en futuros proyectos es fundamental para las empresas.

2 Marco Teórico

De acuerdo a Dakir [7], la capacidad de gestionar el conocimiento se está convirtiendo en una herramienta cada vez más crucial hoy en día en la economía del conocimiento. La creación y la difusión del conocimiento se han convertido en uno de los factores cada vez más importantes en la competitividad. El conocimiento una mercancía valiosa que se incrusta en productos (sobre todo productos de alta tecnología) y en el conocimiento tácito de empleados altamente móviles. El conocimiento es un activo intelectual, posee algunas características paradójicas que son radicalmente diferentes de las de otros productos valiosos.

Para poder analizar el flujo de la información se llevó a cabo, una revisión de los modelos de GC con el fin de adaptarlos al proceso de implementación de nuevos proyectos. La GC incluye datos, información y conocimiento tanto tácito como explícito. Von Krogh y Roos [8] presentan un enfoque epistemológico de la organización y subrayan que el conocimiento reside tanto en la mente de los individuos y en las relaciones que establecen con otras personas. Nonaka y Takeuchi [9] se centran en la espiral del conocimiento que explica la transformación de conocimiento tácito en explícito, estos dos pasos requieren un alto grado de compromiso personal, y por lo general implica los modelos mentales, las creencias personales y valores, y un proceso de reinención de sí mismo, su grupo, y la organización en su conjunto. Choo y Weick [10] adoptan un enfoque del sentido de las decisiones para el modelo de GC que se centre en cómo los elementos de información se introducen en la organización a través de propuestas para la creación de conocimiento y la toma de decisiones. Según Wiig [11], para que el conocimiento pueda ser útil y valioso, debe ser organizado a través de una red semántica que está conectada, congruente y completa, y que tiene perspectiva y propósito. Dado que no se han detectado relaciones directas donde se visualice una relación explícita entre GC y AP, se analizaron dos aplicaciones. La primera se relaciona con el entorno

medio ambiental denominado LAKES de Sekino[12], otra, es una aplicación en el área de la construcción con el sistema CLEVER [13].

3 Descripción del problema

Aunque los proyectos se definen como los esfuerzos de una sola vez, hay muchas tareas comunes y repetitivas realizadas dentro de ellos. La compañía implementa en promedio 300 proyectos anuales y en algunos casos, se tienen problemas repetitivos o similares, y para encontrar la solución implica muchas veces duplicidad de trabajo y pérdida de tiempo, esto se presentaba, debido a que no se tenía un sistema para recabar, guardar y evaluar la información obtenida durante el desarrollo de los proyectos. Algunos de los problemas repetitivos más comunes que se presentaban antes de implementar el modelo son:

- a) Falta de captura de información como validaciones de máquina, condiciones de materiales, etc. en arranques de línea o producto.
- b) Documentación de solución de problemas encontrados durante el proceso de implementación de los proyectos.
- c) Falta de información histórica de los desempeños de los procesos.
- d) Desempeño y/o validación-evaluación de la gestión de AP.

4 Desarrollo de la solución

El analizar diferentes conceptualizaciones relacionadas a la GC y a la AP, han propiciado el desarrollo de una propuesta donde se vinculan los conceptos de GC y AP. La primera etapa, está relacionada a la detección y adquisición del conocimiento donde se genera un proyecto e intervienen los clientes, que proporcionan la información de entrada al sistema de AP, donde se tiene un proceso, y la información es: Estructurada que sería la común para cada proyecto, y la NO estructurada obtenida de la implementación; graficas, fotos, informes y correos electrónicos.

En la segunda etapa se presenta el almacenamiento y captura de la información en una base de datos única para fácil consulta. En la tercera se tiene la disseminación y aplicación del conocimiento que proporciona tres beneficios: Los reportes, los seguimientos a la implementación de los proyectos y la posibilidad de efectuar análisis con la información obtenida. Finalmente se tienen dos consideraciones importantes, la retroalimentación al sistema relacionada a la funcionalidad y desempeño y la seguridad del sistema.

Se desarrolló un sistema denominado Dux Opera que contempla las tres del modelo, en la figura 1, se muestran las interacciones entre los elementos que se ilustran mediante diferentes pantallas que proporcionan la información de entrada al sistema de AP.

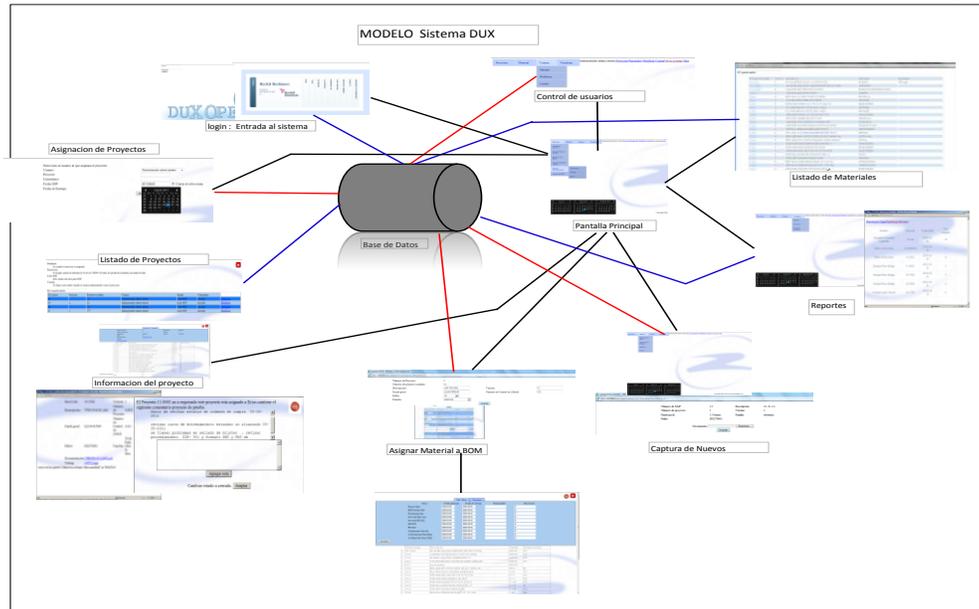


Fig. 1. Sistema Dux Opera para administración de nuevos proyectos.

5 Conclusiones

Con la implementación del sistema Dux Opera se han obtenido entre otros, los siguientes beneficios: Se dispone de la Información concentrada en un solo lugar, que básicamente es el repositorio del sistema DUX. Los usuarios tienen y pueden hacer fácilmente consultas al sistema sobre cualquier duda que tenga relacionada a un proyecto en particular. La información respecto al estatus del proyecto es inmediata no se tienen que consultar otras fuentes. La fechas o hitos importantes dentro del desarrollo del proyecto son resaltados e informado a los responsables de los departamentos para asignación de recursos a tiempo.

6 Referencias Bibliográficas

1. Cope ,Robert F (2007) ; Effective Project Management: A Knowledge Management And Organizational Citizenship Behavior Approach , *Journal of Business & Economics Research – Vol 5 Num 9*
2. Greiner ME, Bo`hmann T, Krcmar H. (2007). A strategy for knowledge management. *Journal of Knowledge Management Vol 11(6): 3–15.*

3. Duncan, R., & Weiss, A. (1979). Organizational learning: Implications for organizational design. *Research in Organizational Behavior*, 1, 75–123.
4. Olson, D.,(2004) *Introduction to Information Systems Project Management*, 2nd edition, McGraw-Hill/Irwin, New York City, NY,.
5. Kazi, A. S., and Koivuniemi, A. (2006). “Sharing through social interaction: The case of YIT Construction Ltd.” *Real-life knowledge management: Lessons from the field*, Knowledge Board, Finland.
6. Fong, P. S. W., and Wong, K. _2005_. “Capturing and reusing building maintenance knowledge: A sociotechnical perspective.” *Knowledge management in the construction industry: A sociotechnical perspective*, Idea Group Publishing, Hershey, Pa., 67–89.
7. Dakir, K (2005). *Knowledge management in theory and practice* . McGill University, Oxford, UK
8. Von Krogh, G., and Roos, J. (1995). *Organizational epistemology*. New York: St. Martin’s Press.
9. Nonaka, I., and Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation*. New York: Oxford University Press.
10. Choo, C. (1998). *The knowing organization*. New York: Oxford University Press.
11. Wiig, K. (1993). *Knowledge management foundations: thinking about thinking*. How people and organizations create, represent and use knowledge. Arlington, TX: Schema Press.
12. Tatsuki Sekino,(2006) *Application of knowledge management to environmental management projects: A case study for lake management Lakes & Reservoirs: Research and Management* 11: 97–102 Japan
13. Anumba, C. J.,(2005). “Knowledge management strategy development: A CLEVER approach.” *Knowledge management in construction*, Blackwell Publishing, Oxford, U.K., 151–169.

Uso de Sistemas Basados en Agentes Inteligentes para apoyar la Gestión del Conocimiento en Procesos de Producción Industrial

Luis A. Madrid Hurtado, Oscar M. Rodríguez Elías, German Alonso Ruíz Dominguez y Guillermo Valencia Palomo

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Tecnológico S/N, Hermosillo, Sonora, México, 83170
arturo_madrid38@hotmail.com, {omrodriguez, gruiiz, gvalencia}@ith.mx

Abstract. El presente trabajo es una investigación exploratoria, sobre el estado del arte en el uso de agentes inteligentes como apoyo a la gestión del conocimiento dentro de procesos de producción industrial, utilizando a los PLCs como mecanismo principal para integrar estos campos. A su vez, se busca definir las principales características que debe de poseer una arquitectura de software basada en sistemas multiagentes, e identificar que tipos de procesos requieren o pueden verse beneficiados de este tipo de sistemas.

Keywords: Sistemas Multiagentes, Gestión del Conocimiento, Procesos de Producción Industrial.

1 Introducción

Para la mayoría de las empresas, la adquisición, distribución y el uso eficiente del conocimiento de cada aspecto de su organización, desde las aéreas de diseño hasta la de fabricación, les producirá notables avances en el desarrollo de productos, control de procesos, planificación y programación de la producción, y finalmente en la respuesta a clientes.

Según [5] el conocimiento es una mezcla de experiencia, valores, información y “saber hacer” que sirve como marco para la incorporación de nuevas experiencias e información, y es útil para la acción. La gestión adecuada del conocimiento generado en la organización pasa, hoy en día, por la aplicación de las nuevas tecnologías al servicio de la información.

El uso de las nuevas tecnologías facilita el flujo de información y la comunicación entre los miembros de la organización, favorece la interacción entre los grupos y la integración de los individuos, al tiempo que posibilita la dinamización de la información y la gestión del conocimiento (GC) derivado de ésta.

En los procesos industriales, gran parte de los datos e información de lo que sucede en los procesos de producción son capturados, generados, almacenados, procesados o transmitidos por medio de los controladores lógicos programables (PLCs) a través de los diferentes niveles de automatización, como se observa en la figura 1.

Los PLCs juegan un papel preponderante en el manejo de datos e información en los sistemas de control industrial. Esto les da el potencial de poder servir como uno de los principales mecanismos a través de los cuales pueda integrarse la GC en los procesos de producción industrial.

En este trabajo se busca diseñar una arquitectura de software basada en agentes inteligentes que permita integrar las características avanzadas de los PLCs, para que sirvan de apoyo a la GC en un proceso de producción industrial.

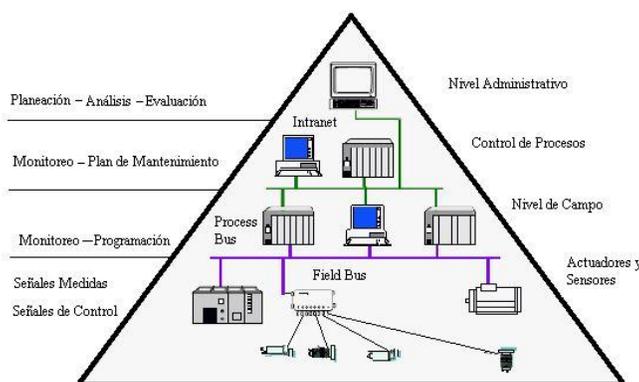


Fig. 1. Pirámide de Automatización [15].

2 Revisión Sistemática de Literatura.

Se realizó una revisión sistemática de literatura para determinar el estado del arte en el uso de sistemas Multiagentes como apoyo a la GC dentro de procesos industriales basada en [14].

Se realizó un protocolo para la revisión en el cual se definieron los términos clave para la búsqueda, sus combinaciones y criterios para seleccionar la información. Se realizó la búsqueda de literatura basándose en el protocolo realizado y después se analizó la literatura seleccionada, tomando la información más relevante (Tabla 1).

3 Estado del Arte

Se ha observado que el desarrollo de software orientado a agentes permite diseñar soluciones para sistemas sofisticados y complejos [1]. Dichos desarrollos basados en

agentes han permitido abordar el diseño de sistemas en todos los campos de la ciencia, como lo son los sistemas de automatización industrial [15] y también como apoyo a la construcción de sistemas de gestión del conocimiento [6].

Tabla 1. Sumario de los Resultados de la Búsqueda

Áreas de Estudio	Palabras Claves	Fuentes	Fuentes Encontradas	Fuentes Relevantes
Gestión del Conocimiento	Gestión del Conocimiento Flujo del Conocimiento	– IEEE Xplore – Springer Link – Cite Seerx – E-journals – Google Scholar – ACM	235	42
Aplicaciones Industriales	Procesos industriales Automatización Industrial			
Agentes Inteligentes	Sistemas Multiagentes Aplicaciones Web			

Dichos desarrollos basados en agentes han permitido abordar el diseño de sistemas en todos los campos de la ciencia, de esta manera es muy importante el preguntarnos los criterios bajo los cuales se deben de aplicar los desarrollos basados en agentes.

3.1 Aplicaciones de Sistemas Multiagentes en la Industria.

A continuación se muestran algunos de los ámbitos principales de los sistemas de producción industrial en los cual se ha aplicado de forma más efectiva los sistemas multiagentes:

- Control de procesos, monitoreo y diagnóstico en tiempo real [1], [7], [8].
- Programación y el control de la producción [11], [12], [13].
- Simulación basada en agentes [10].

El propósito de los agentes inteligentes dentro de los sistemas de producción es proporcionar una capa adicional de acceso a la información que sea más inteligente y activa, lo que permitirá una utilización fácil y eficiente de la información para las personas que son usuarios de un determinado proceso [3].

En este contexto, los controladores de procesos actuales son sistemas autónomos reactivos, por lo tanto constituyen una aplicación natural para evolucionar hacia agentes inteligentes. No es sorprendente entonces, ver el desarrollo de aplicaciones de control de procesos basadas en agentes inteligentes [10].

Hay tres características fundamentales en ambientes industriales automatizados que requieren especial atención desde el punto de vista del modelado orientado a agentes inteligentes [2]:

- Los requerimientos de tiempo real, que demandan la existencia de modelos de coordinación y comunicación que sean precisos y eficiente.
- El problema de heterogeneidad, que debe ser integrado en las formas de articulación comunitaria por los agentes.
- La generación de conocimiento, que debe ser incorporado en la dinámica de gestión de los agentes.

3.2 Ejemplo de Aplicación de Sistemas Multiagentes.

Los agentes inteligentes han permitido diseñar soluciones para sistemas sofisticados y complejos que tienden a una descomposición natural en múltiples componentes autónomos capaces de interactuar entre si [1]. Entre estos sistemas están los procesos de producción industrial [13], y los sistemas de gestión del conocimiento [6].

3.2.1 Aplicación de Sistemas Multiagentes en Sistemas de Automatización Industrial.

Las tecnologías multiagente han sido desarrolladas con éxito por Rockwell Automation, Inc., dentro de un control flexible y distribuido. Uno de los primeros desarrollos de esta tecnología se centro en el control de un sistema de enfriamiento de agua (chiller). Para resolver el problema de la migración de tecnología, el firmware de los controladores clásicos de la familia de controladores “Logix” de Rockwell Automation, este se ha ampliado para permitir la ejecución de agentes inteligentes directamente en el interior del controlador [11].

Este desarrollo llamado Sistema Autónomo Cooperativo (SAC), debido a su infraestructura la cual se muestra en la figura 2, permite la distribución de los agentes (implementados en C++) a través de varios controladores (un controlador recibe generalmente de 1 a n agentes) donde corren en paralelo y son capaces de interactuar con las tareas de control de bajo nivel (escritas en la lógica de escalera).

Esta tecnología ha sido probada con éxito en las instalaciones de EE.UU. NAVY en filadelfia, consiste de 116 agentes que se ejecutan, en 6 de los controladores, control Logix.

3.2.2 Aplicación de Sistemas Multiagentes Como Apoyo a la Gestión de la Información y el Conocimiento.

La revolución del internet ha ocasionado que sus usuarios tengan a su disposición una gran cantidad de información. Sin embargo, encontrar la información adecuada se ha convertido en un verdadero problema para algunos usuarios.

Debido esto, el desarrollo de herramientas que permitan realizar búsquedas de información relevante ajustada a las necesidades del usuario, después organizarla de

manera que permita su fácil acceso para realizar una adecuada gestión de la información y el conocimiento, serian de gran utilidad para estos usuarios.

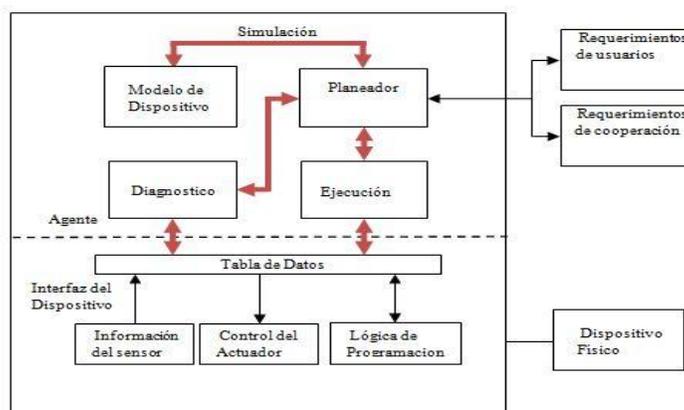


Fig. 2. Arquitectura del SAC [12].

En [4] se presenta un sistema basado en agentes inteligentes distribuidos diseñados para realizar una gestión colaborativa del conocimiento, y su intercambio en la red (World Wide Web) llamado DIAMS.

El sistema está diseñado para ayudar al usuario a encontrar la información necesaria en su colección personal de enlaces URL, así como de otros recursos remotos o colecciones de ellos.

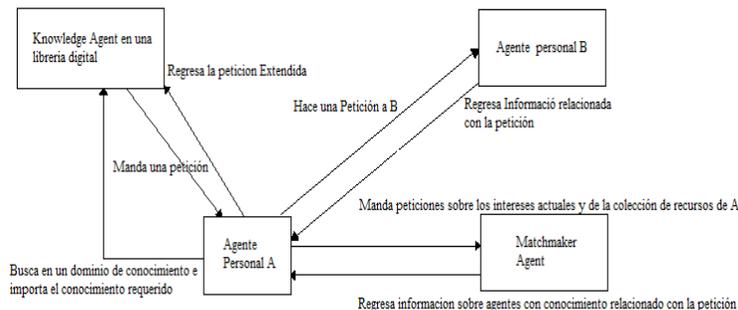


Fig. 3. Colaboración entre agentes en el sistema DIAMS [4].

DIAMS, emplea una arquitectura multiagente para ayudar a los usuarios acceder, organizar, compartir y aprender de la información encontrada en World Wide Web. Para esto cuenta con varios tipos de agentes inteligentes como se muestra en la figura 3, entre ellos se encuentra los agentes Personales, los agentes de información etc.

4 Conclusiones y Trabajo a Futuro.

Se obtuvo información relevante para determinar la utilidad de los sistemas Multiagentes en diversas aplicaciones industriales y en la gestión de la información. Debido a lo anterior se observa que la tecnología basada en agentes inteligentes resulta una herramienta efectiva para el desarrollo de aplicaciones que sirvan de apoyo a la gestión de información y conocimiento dentro de procesos de producción industrial.

En base a lo anterior se diseñará una arquitectura de software basada en agentes que integre las características avanzadas de los dispositivos de control, y sirva de apoyo a la gestión del conocimiento en un proceso de producción local. También se implementará dicho modelo en un ejemplo práctico controlado en un laboratorio que demuestre la utilidad del sistema.

5 Agradecimientos

Este trabajo es financiado parcialmente por PROMEP (oficio 103.5/11/840). Se agradece el apoyo de Conacyt con la beca numero 58920.

6 Referencias

- 1 Aguilar, F. (2008). Implantando sistemas de control con agentes inteligentes Control system implementation with intelligent agents, 29(3), 249-260.
- 2 Aguilar, J. (2008). Una Metodología para el Modelado de Sistemas de Ingeniería Orientado a Agentes. *Revista Iberoamericana*.
- 3 Cerrada, M., Hidrobo, F., Aguilar, J., & Duran, J. (2006). Towards Control and Supervision Systems based on Intelligent Agents Control and Supervision □ :*Dynamical Systems*, 36-41.
- 4 Chen, J. R., Wolfe, S. R., & Wragg, S. D. (2000). A distributed multi-agent system for collaborative information management and sharing. *Proceedings of the ninth international conference on Information and knowledge management - CIKM '00*, (1), 382-388. New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/354756.354844
- 5 Davenport, T., Prusak, L. (1998), "Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know", Harvard Business School Press.
- 6 Elst, L. V., Abecker, A. (2004). Agent-Mediated Knowledge Management. *Knowledge Creation Diffusion Utilization*, 1-11.
- 7 Julian, V., & Botti, V. (2004). Developing real-time multi-agent systems. *Integrated Computer-Aided Engineering*, 11, 135-149.
- 8 Maestre, I. M., Prieto, S. S., & Velasco, J. R. (n.d.). Sistemas Multiagente de Tiempo Real. *Real-Time Systems*.
- 9 Monostori, L., Vánca, J., & Kumara, S. R. T. (2006). Agent-Based Systems for Manufacturing. *Production*, 55(1).
- 10 Pirttioja, T., Seilonen, I., Appelqvist, P., Halme, A., & Koskinen, K. (2004). Agent-based architecture for information handling in automation systems.1-8.

- 11 Pechoucek M. (2008). Industrial deployment of multi-agent technologies: review and selected case studies. Vital And Health Statistics. Series 20 Data From The National Vital statistics System Vital Health Stat 20 Data Natl Vital Sta. doi: 10.1007/s10458-008-9050-0.
- 12 Pechoucek, M., Marik, V. (2005). Review of Industrial Deployment of Multi-Agent Systems. *Control*, 1-24.
- 13 Shen, W., Norrie, D. H., & Kremer, R. (1999). Developing Intelligent Manufacturing Systems Using Collaborative Agents. *Design*.
- 14 Kitchenham, B. (2004). Procedures for Performing Systematic Reviews.
- 15 Wagner, T. (2002). An agent-oriented approach to industrial automation systems. Symposium A Quarterly Journal In Modern Foreign Literatures.

Algoritmo de Compresión de Datos Multidimensionales

María Trinidad Serna Encinas, César Enrique Rose Gómez, Guillermo Gómez Almeida

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av.
Tecnológico S/N, Hermosillo, Sonora, México
{tserna@ith.mx, crose@ith.mx, ggomezalmeida@gmail.com}

Abstract. Los almacenes de datos son una necesidad en grandes empresas y la velocidad con la que capturan información se incrementa exponencialmente con los años. Esto ha llevado a las empresas a implementarlos utilizando tecnología cada vez más eficiente. La tecnología OLAP (On-Line Analytical Processing o Análisis en Línea) se mueve cada vez más hacia el uso de manejadores de bases de datos multidimensionales, y su uso de vectores. Debido a su naturaleza física y la forma en que estos sistemas funcionan, las explosiones de bases de datos llevan a las empresas a incrementar la capacidad de almacenamiento de sus sistemas, además del poder de procesamiento de éstos. La compresión de los cubos de datos generados por los sistemas MOLAP, puede reducir de forma significativa el tamaño del archivo y por consiguiente, el espacio en disco requerido. La presente propuesta se focaliza en el desarrollo y la aplicación de algoritmos de compresión de datos que permitan eficientar el almacenamiento de las células de un cubo de datos, buscando con ello la optimización del espacio requerido

Keywords: Abstract. Keywords: Almacén de datos, tecnología *OLAP*, servidor *MOLAP*, compresión de datos, datos multidimensionales.

1 Introducción

Los almacenes de datos integran las informaciones de diferentes fuentes, frecuentemente distribuidas y heterogéneas y que tienen como objetivo proporcionar una vista global de la información a los analistas y directivos. Estas aplicaciones de ayuda a la toma de decisiones son de tipo OLAP.

En el ambiente de los almacenes, las operaciones, la organización de los datos, los criterios de desempeño, la gestión de los metadatos, la gestión de las transacciones y el proceso de consultas, son muy diferentes de los sistemas de bases de datos operacionales. En consecuencia, los SMBD relacionales orientados hacia el ambiente operacional, no pueden ser directamente trasplantados en un sistema de almacén de datos [1].

La presente propuesta está dedicada al desarrollo y aplicación de algoritmos de compresión de datos que permitan eficientar el almacenamiento de las células del cubo, buscando con ello la optimización de espacio requerido, lo que permitirá diseñar

mecanismos robustos y eficientes, tanto para la manipulación multidimensional de datos como para la visualización tridimensional del cubo.

2 Marco teórico

2.1 Almacenes de datos

El diseño y la construcción de un almacén de datos representan una tarea compleja que se compone de varias etapas. La primera consiste en el análisis de las fuentes de datos y en la identificación de las necesidades de los usuarios. La segunda corresponde a la organización de los datos al interior del almacén. Finalmente, la tercera consiste en establecer diversas herramientas de interrogación (de análisis, de minería de datos o de interrogación).

La definición clásica de un almacén dada por Inmon: Un almacén de datos es una colección de datos *orientados por tema, integrados, no volátiles e históricos*, organizados para el soporte del proceso de toma de decisión [1].

Orientados por tema: Los datos del almacén están orientados por tema y no por aplicación. Por ejemplo, una cadena de tiendas de alimentación organiza los datos del almacén con respecto a las ventas realizadas por producto y por tienda, durante un determinado lapso de tiempo.

Integrados: Los datos que provienen de diferentes fuentes deben ser integrados antes de su registro en el almacén. La integración (correspondencia de formatos “mappings”, por ejemplo), permite tener una coherencia de la información.

No volátiles: A diferencia de los datos operacionales, los de un almacén son permanentes y no pueden ser modificados. La actualización del almacén consiste en añadir nuevos datos sin modificar o perder los ya existentes.

Históricos: La consideración de la evolución de los datos es esencial para la toma de decisión que, por ejemplo, utiliza las técnicas de predicción apoyándose en las evoluciones pasadas para prever las evoluciones futuras.

La arquitectura de los almacenes de datos reposa seguido sobre un SMBD separado del sistema de producción de la empresa que contiene los datos del almacén. El proceso de extracción de datos permite alimentar periódicamente este SMBD; sin embargo, antes de ejecutar este proceso una fase de transformación es aplicada a los datos operacionales. Ésta consiste en prepararlos (hacer la correspondencia de los formatos de datos), limpiarlos, filtrarlos, etcétera, para finalmente registrarlos en el almacén.

Los SMBD han sido creados para las aplicaciones de gestión de sistemas transaccionales; por el contrario, los almacenes de datos han sido diseñados para la ayuda a la toma de decisión. Ellos integran las informaciones que tienen por objetivo proporcionar una vista global de la información a los analistas y los administradores.

2.2 Modelo Multidimensional

Para la construcción de un modelo apropiado de un almacén de datos, se puede escoger ya sea entre un esquema relacional (esquema en estrella, en copos de nieve o en constelación); o el esquema multidimensional (cubo).

El modelo multidimensional consiste en considerar un sujeto analizado como un punto en un espacio de muchas dimensiones. Los datos están organizados de forma a poner en evidencia el sujeto (el hecho) y las diferentes perspectivas de análisis (las dimensiones).

En el modelo multidimensional, el concepto central es el cubo, el cual está constituido de elementos llamados células que pueden contener una o varias medidas. La localización de la célula se hace a través de los ejes que corresponden cada uno a una dimensión. La dimensión está compuesta de miembros que representan los diferentes valores.

Comúnmente, un cubo de datos con dimensiones esparcidas; es decir, dimensiones que contengan atributos que no ocupen un valor dentro del almacén de datos, traerá consigo un cubo con datos esparcidos muy alto. Por ejemplo; imagine que se tiene un cubo de datos de dos dimensiones, la primera dimensión representará la fecha y la segunda los productos; además, el cubo tiene una medida que representa el número de compras realizadas por producto en una fecha específica. Suponga que el primero de enero sólo se compraron 10,000 productos de los 30,000 productos, que en general contiene la dimensión de productos de una tienda de supermercado. Esto ocasiona que se genere un cubo de datos con un vector de 30,000 espacios, donde sólo 10,000 de esos espacios contendrá un valor útil para el analista y el resto contendrá valores nulos.

Conforme se aumenten las dimensiones, el sistema podría volverse más lento debido a que los valores nulos deben extraerse para atender una consulta, y el sistema requeriría un gran espacio de almacenamiento para poder contener la gran cantidad de datos, donde muchos de esos datos sólo son un desperdicio para el sistema [3], [4], [5].

Ante esta problemática, surgieron los algoritmos de compresión de cubos de datos. Éstos buscan mejorar el rendimiento y la forma en que se manejan los datos en un almacén, sin cambiar el enfoque multidimensional y las operaciones fundamentales que son parte natural en el manejo de los cubos de datos.

Un algoritmo de compresión de cubos de datos, debe reducir el tamaño que ocupa éste en el sistema de almacenamiento físico. Sin embargo, debe hacer lo posible porque la velocidad de consulta y las operaciones realizadas en el cubo no se decrementen de forma dramática. Es posible que exista una cierta penalización, pero siempre debe existir un límite en lo que se está dispuesto a sacrificar con el fin de obtener mayor espacio.

2.3 Algoritmos de compresión

Chunks: No es propiamente un algoritmo de compresión, esta técnica se basa en dividir un cubo en varios sub-cubos más pequeños. El objetivo de esto es localizar y etiquetar sub-cubos densos y sub-cubos esparcidos, los cuales pueden ser comprimidos por algún tipo de algoritmo de forma más eficiente. Este método se ha hecho popular con el tiempo y se afirma que sin importar el tipo de algoritmo que se utilice, el algoritmo debe trabajar

bajo esta técnica para alcanzar un rendimiento aceptable. Esta técnica permite idear algoritmos de compresión para cubos densos y algoritmos de compresión para cubos esparcidos [6].

BESS: El algoritmo BESS es usualmente combinado con la técnica Chunks, y consiste en la compresión de los datos dimensionales del cubo de datos, codificándolos de acuerdo a un formato bit, los cuales a su vez pueden ser contenidos dentro de un campo de tamaño fijo, también conocido como palabra [3].

XTDC: Este algoritmo maneja una estructura de bloques y codifica los datos dimensionales en formato bit. La estructura de bloques utilizada consiste en tres partes. El encabezado, el cual contiene la información de la compresión del bloque. El siguiente segmento del bloque es el de los datos dimensionales, el cual contiene en formato bit, la diferencia de todos los datos dimensionales. Este segmento, utilizando los campos contenidos en la cabecera del bloque, permite reducir el dominio de bits y por lo tanto, reducir el espacio requerido para almacenar los datos dimensionales. El siguiente segmento del bloque es el de datos de medida, el cual contiene todas las medidas asignadas a este bloque en su formato original. El algoritmo no se enfoca en comprimir las medidas contenidas dentro del cubo, por lo que almacenan todas las medidas en el bloque sin realizar ningún tipo de operación sobre ellas [7].

Compresión por Cadena de Bits: Una técnica utilizada en base de datos de almacenamiento por columnas, es la de compresión por cadena de bits. Debido a que los datos son almacenados dentro de una columna, es posible anteponer esta estructura con una cadena de bits donde cada bit represente una posición en la columna de datos. Esta cadena de bits puede ser de utilidad para comprimir los datos contenidos dentro de la columna y así obtener una mejor eficiencia en la consulta de los datos.

Si se reescribe la columna de los datos, de manera que se ignore por completo los datos nulos dentro de la columna y en vez de eso, se representen los valores nulos como valores "0" dentro de la cadena de bits almacenada antes de la columna, entonces los valores nulos no ocuparían espacio dentro del disco duro, o al menos un dato nulo sólo ocuparía un bit [8].

3 Desarrollo e implementación del algoritmo

El algoritmo se basa en el uso de estructuras de vectores, las cuales son apiladas dentro de un archivo formando el cubo de datos. Cada vector representa un conjunto de datos dimensionales fijos, en relación con un dato dimensional variable, el cual a su vez está asociado con un conjunto de datos agregados o medidas. Es decir, si se cuenta con un cubo de datos de 3 dimensiones, y dado que $|Dim1|=10$, es decir, contiene 10 diferentes valores, $|Dim2|=100$ y $|Dim3|=10000$, el primer vector contendrá los datos dimensionales $|Dim1|=1$, $|Dim2|=1$, $|Dim3|= \{1-10000\}$.

Cada vector maneja los primeros datos dimensionales como datos fijos, y la última dimensión es un conjunto de datos que en realidad no es guardado dentro del vector, sino que debido a su asociación implícita con el conjunto de medidas; es decir, para cada $|Dim3|$ existe una medida asociada a ese valor, y son las medidas las que son guardadas en lugar del último conjunto de datos dimensionales.

A diferencia de otros algoritmos que se enfocan en comprimir los datos dimensionales, el algoritmo propuesto toma como principal objetivo el de comprimir las medidas, pues es ahí donde se encuentran los valores nulos, los cuales son un desperdicio de espacio en el disco duro y deben ser agrupados de alguna forma.

El vector que genera el algoritmo cuenta con una estructura específica que permite comprimir un cubo de datos de forma eficiente y reducir el espacio desperdiciado por los valores nulos.

3.1 Descripción resumida de los campos del vector generado:

Dimensión Referencial: Todas las dimensiones se mueven en referencia a esta dimensión. Un apuntador a esta dimensión es mantenida utilizando algún tipo de indexado (BitMapping o B-Tree).

Dimensión 2..Dimensión N: El resto de las dimensiones se almacena de forma consecutiva en el vector.

Numero de valores/Dense Flag/Sparse Flag: Número de medidas dentro del vector incluyendo valores nulos. Los dos bits más significativos son utilizados como banderas para representar un vector totalmente denso (no hay nulos) o un vector totalmente esparcido (todos los valores son nulos).

Next Chunk Pointer: Si el vector no tiene suficiente espacio para almacenar todas las medidas, se crea otro vector idéntico. Este número es un apuntador hacia ese vector.

Bit String de medidas: Cadena de bits representando los bloques del vector donde hay medidas y donde hay valores nulos.

Medida 1..Medida N: Conjunto de medidas.

Finalmente, esta estructura y la forma en que los campos son establecidos, hacen que el costo de almacenar un valor nulo sea tan solo de un bit, y el uso de la cadena de bits junto con las banderas de densidad y de esparcimiento, permiten que el manejo de la información dentro del cubo sea rápido y eficiente.

Un fragmento de un almacén de datos tiene la siguiente representación física.

Dim1	Dim2	Dim3	Medida
1	1	1	45
1	1	2	<i>null</i>
1	1	3	<i>null</i>
1	1	4	6
1	1	5	<i>Null</i>

Fig. 1. Representación física de un fragmento de un cubo de datos sin comprimir

Las primeras dos dimensiones son fijas y por lo tanto van asociadas a un solo vector. La tercera dimensión, puede utilizarse como índice asociado a las medidas, debido a su naturaleza de valores numéricos consecutivos. Finalmente, se puede apreciar que se cuentan con dos valores no nulos y tres valores nulos, donde cada uno ocupa 4 bytes (1 entero) dentro del disco duro.

Al convertir este fragmento de un almacén de datos, el vector construido quedaría aproximadamente de esta forma:

Dim1	Dim2	Num.Val/SPF/DF	Bit String	Medidas
1	1	5	10010	45, 6

Fig. 2. Representación de un vector con los datos comprimidos en el cubo de datos

La figura 2 muestra los campos contenidos en el vector con sus respectivos valores. Los primeros dos campos son valores enteros, luego le sigue un valor entero que puede almacenar una bandera. El campo *bitstring* es una cadena de bits por lo que puede ser más pequeño o más grande que un valor entero según sea la cantidad de medidas contenidas en el vector. El último campo son las medidas y son una secuencia de valores enteros.

De esta forma se reduce la cantidad de datos dimensionales que se almacenarán en disco, pues no se tienen que repetir para cada registro, y los valores nulos no se almacenan en absoluto. Por lo tanto, en vez de guardar 5 valores enteros, sólo se guardan 2 valores enteros asociados a las medidas.

4 Análisis de resultados

Análisis de la Prueba de Datos Esparcidos (Cardinalidad de las dimensiones: 5-730-5000); es decir, $|Dim1|=5$, $|Dim2|=730$ y $|Dim3|=5000$.

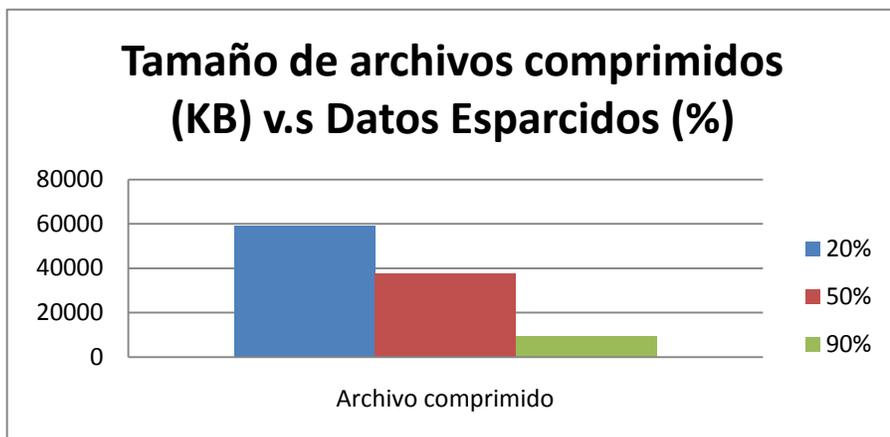


Fig. 3. Resultado de la prueba con 3 cubos de datos con diferentes porcentajes de datos esparcidos

La figura anterior muestra el comportamiento del algoritmo en un cubo de datos con una configuración de 5-730-5000. La gráfica muestra el tamaño del archivo una vez que es comprimido por el algoritmo, dependiendo de los datos esparcidos del cubo de datos. El cubo de datos con mayor porcentaje de datos esparcidos, genera un archivo con menor tamaño. Un 20% de datos esparcidos es un caso poco común en un almacén de datos, pero incluso en esta situación, el tamaño del archivo se ve reducido por la agrupación de los datos dimensionales. A pesar de que la cantidad de valores nulos no es demasiada debido al bajo nivel de datos esparcidos, al agrupar los datos dimensionales, el tamaño del archivo disminuye considerablemente. En un cubo de datos donde el nivel de datos esparcidos es mayor, el algoritmo puede reducir el tamaño del archivo de una manera más eficiente, justo como se aprecia en la gráfica.

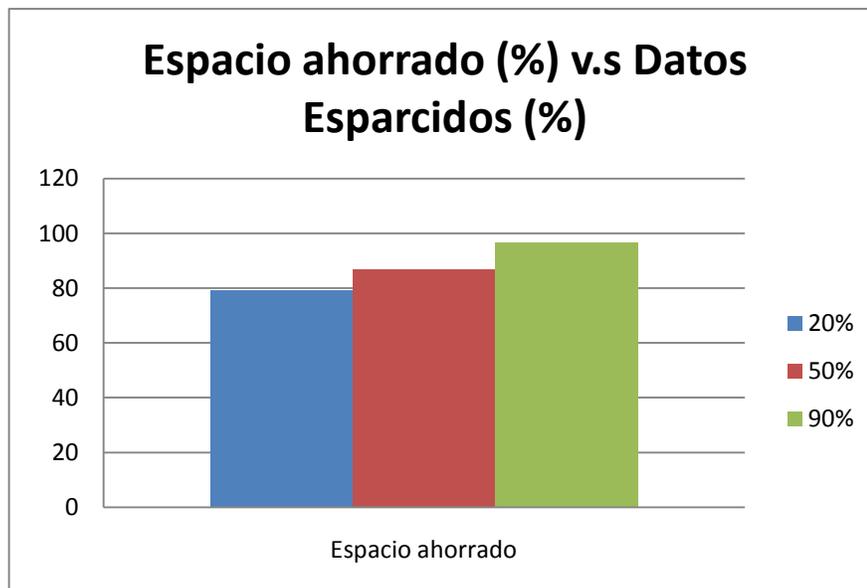


Fig. 4. Espacio ahorrado a partir de la prueba de datos esparcidos

La figura 4 muestra el espacio ahorrado; es decir, el porcentaje del espacio que se ha recuperado en relación al archivo sin comprimir. Un cubo de datos con un nivel de datos esparcidos de 90%, puede obtener un espacio ahorrado de más del 95%, lo cual es verdadero para cualquier cubo de datos de cualquier tamaño con el mismo nivel de datos esparcidos. Un cubo de datos con un nivel de datos esparcidos de 50% daría casi un 90% de espacio. El único factor que puede alterar este resultado sería el número de dimensiones; sin embargo, si la agrupación se hace correctamente, el porcentaje de ahorro no debería alterarse demasiado.

5 Conclusiones

La compresión de datos multidimensionales es un área aún bajo investigación, y existen muchos tipos de algoritmos que proponen diversas soluciones al problema; sin embargo, la mayoría de estos algoritmos se enfoca en la compresión de datos dimensionales (datos descriptivos al interior de las dimensiones), mientras que la compresión de valores nulos en el conjunto de los datos de medidas (datos aditivos pertenecientes a la tabla de hechos), aporta un mayor beneficio y un mayor rendimiento en la ejecución de consultas.

El algoritmo propuesto se focaliza en la compresión de datos multidimensionales contenidos en las celdas de un cubo de datos y los resultados presentados muestran que,

por ejemplo, el beneficio obtenido en un cubo de datos con porcentaje de esparcimiento de un 90%, logra un espacio ahorrado de más del 95%.

6 Referencias

1. Kimball, R. et al. (1998), *The Data Warehouse Lifecycle Toolkit*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
2. Inmon, W. H. (1992), *Building the Data Warehouse*. New York: Wiley.
3. Sanjay, G., Choudhary, A. (1998), *Sparse Data Storage of Multi-Dimensional Data for OLAP and Data Mining*. Northwestern University, Technological Institute, 2145 Sheridan Road, Evanston, IL-60208.
4. Thomsen, E. (2002), *OLAP Solutions: Building Multidimensional Information Systems*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc. New York.
5. Colliat G. (1996), *OLAP, Relational, and Multidimensional Database Systems*, SIGMOD Record 25(3): 64-69.
6. Otoo and Ekow J. (2007), *Optimal Chunking of Large Multidimensional Arrays for Data Warehousing*. Proceedings of the ACM tenth international workshop on Data warehousing and OLAP, ACM. New York, USA.
7. Shanmugasundaram, J., Fayyad, U., Bradley, P.S., (1988), *Compressed Data Cubes for OLAP Aggregate Query Approximation on Continuous Dimensions*. ACM Press.
8. Missaoui, R., Goutte, C., Kouomou, A., Boujenoui, A. (2007), *A probabilistic Model for Data Cube Compression and Query Approximation*. DOLAP '07.

Arquitectura HOLAP para la visualización tridimensional de un cubo de datos

Eduardo Bojórquez Martínez, María Trinidad Serna Encinas, César Enrique Rose Gómez,
Sonia Regina Meneses Mendoza

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Hermosillo,
Sonora, México
eddiebomtz@gmail.com, tserna@ith.mx, crose@ith.mx, so
meneses@ith.mx

Resumen. Las herramientas actuales que implementan una arquitectura con servidor ROLAP (Procesamiento Analítico en Línea Relacional) muestran los datos en forma de reporte bidimensional (tabla); sin embargo, es ineficiente ya que un almacén de datos generalmente tiene varias dimensiones y esto requiere la anidación del conjunto de dimensiones en un reporte o tabla de este tipo. En el presente trabajo, se realizó un análisis de los requerimientos del sistema, utilizando el lenguaje de modelado UML (Lenguaje Unificado de Modelado), esto permitió identificar los componentes del sistema propuesto, además se diseñó una arquitectura cliente/servidor de tipo HOLAP (Procesamiento Analítico en Línea Híbrido) para la visualización tridimensional de datos multidimensionales; dicha propuesta considera aplicar los operadores drill-down, roll-up y rotate. Además, se incluye la materialización en la generación de consultas, lo que permitirá su reutilización para soportar el proceso de manipulación del cubo de manera eficiente.

Palabras Clave: Almacén de datos, servidor HOLAP, vistas materializadas, visualización tridimensional, UML.

1 Introducción

En la actualidad es común que las empresas acumulen grandes cantidades de información en sus bases de datos operacionales, esto trae como consecuencia que las organizaciones generen una gran cantidad de información con un escaso conocimiento de lo que se tiene; es decir, la colección de datos se ha hecho tan grande y ha crecido tan rápido, que prácticamente el uso de estos datos se ha ido limitando al registro diario de las transacciones generadas por la empresa. Esto ha provocado que las empresas busquen una alternativa a los sistemas manejadores de bases de datos que les permita realizar estos análisis de forma eficiente y confiable. Los almacenes de datos están orientados al análisis de grandes volúmenes de información y permiten realizar consultas comparativas y de

proyección, esto facilita la toma de decisiones en la organización, permitiendo así lograr una ventaja competitiva.

2 Marco teórico

2.1 Almacenes de datos

Los almacenes de datos están orientados al análisis del conjunto de datos contenidos en las bases de datos operacionales. Según Bill Inmon, un almacén de datos es “un conjunto de datos integrados, históricos, variantes en el tiempo y unidos alrededor de un tema específico, que es usado por la gerencia para la toma de decisiones”[1].

En 1993, Edgar Frank Codd, define el concepto OLAP (Procesamiento Analítico en Línea) como “La síntesis dinámica, análisis y consolidación de grandes volúmenes de datos multidimensionales”, este tipo de herramientas permiten analizar información almacenada generalmente en cubos. Un cubo contiene datos resumidos, tanto de bases de datos como de almacenes, los cuales se utilizan en informes de negocios de ventas, marketing, informes de dirección, etc. [2].

Para el cubo OLAP, existen varias operaciones que se pueden realizar, el sistema propuesto sólo considera la implementación de las operaciones rotate, drill-down y roll up, las cuales son las más utilizadas en la ejecución de consultas multidimensionales de un cubo OLAP. El operador Rotate, permite girar el cubo para ver otra perspectiva de análisis; los operadores Roll-Up y Drill-Down permiten subir o bajar un nivel de detalle o de granularidad de los datos en una jerarquía [3,4,5].

2.2 Vistas materializadas

HOLAP, este servidor permite elegir el modo de almacenamiento entre una estructura relacional (ROLAP) o una en cubos de datos (MOLAP) (Procesamiento Analítico en Línea Multidimensional); por lo tanto, permite visualizar el cubo de forma bidimensional o tridimensional [6]. Debido a que el servidor MOLAP requiere la materialización completa de las consultas, se utilizará el servidor HOLAP para que sólo se materialicen las consultas que sean necesarias.

Una vista materializada permite almacenar tanto la estructura de la consulta como el conjunto de datos resultado de la consulta. La actualización se realiza de forma periódica a partir de las tablas originales, esto mejora el tiempo de respuesta ya que el acceso frecuente a tablas básicas resulta demasiado costoso.

2.3 Descripción del problema

Las herramientas de visualización de datos multidimensionales, muestran los datos en forma de reporte bidimensional (tabla); sin embargo, es ineficiente ya que un almacén de

datos tiene varias dimensiones y requiere la anidación del conjunto de éstas en un reporte o tabla bidimensional, de tal manera que el usuario tiende a confundirse al volverse los datos más esparcidos, dificultándose así el análisis de los mismos.

Esta investigación se enfoca principalmente en el desarrollo de un sistema que permita visualizar la información en forma tridimensional, para facilitar la lectura de los datos y por lo tanto mejorar la manera en que se muestran, permitiendo a los gerentes un análisis de los datos más eficiente.

3 Desarrollo

UML son las siglas de Unified Modeling Language (Lenguaje Unificado de Construcción de Modelos), según Larman lo define como “notación (esquemática en su mayor parte) con que se construyen sistemas por medio de conceptos orientados a objetos” [7]; es decir, es un lenguaje para documentar los componentes que conforman un sistema orientado a objetos, organizando, entendiendo o explicando alguna problemática. Mediante este lenguaje se identifican los requerimientos y estructuras necesarias para poder desarrollar un sistema de software.

La complejidad que presentan los sistemas se pueden representar desde diferentes aspectos; para este proyecto se considera los casos de uso para el análisis de requerimientos y los diagramas conceptuales de clases y los de clases de diseño para el análisis del sistema.

3.1 Análisis de requerimientos

En esta etapa se identifican las necesidades del sistema, UML modela las funciones del sistema desde el punto de vista del usuario por medio de los casos de uso y describe qué debe hacer un sistema sin indicar cómo se hace [8].

Para este proyecto se desarrollaron dos casos de uso: Generador de consulta y Visualización de datos.

En el caso de uso Generador de consulta, se detectó que el sistema deberá crear la consulta y para ello se requiere que el usuario seleccione la fuente de datos y lo que desea analizar se almacenará la consulta generada en una vista materializada.

Caso de uso: Generador de consulta

Participantes: Gerente y analistas

Tipo: Primario

Descripción: El gerente selecciona qué desea analizar junto con las perspectivas de análisis y las condiciones para después generar y almacenar la consulta en una vista materializada.

Curso normal de eventos

Acción del actor	Respuesta del sistema
1. El caso de uso comienza cuando el gerente, selecciona la fuente de datos (almacén).	
	2. El sistema establece conexión con el almacén.
3. El gerente, selecciona qué desea analizar (tabla de hechos), y las perspectivas de análisis (dimensiones).	
	4. El sistema genera la consulta en una vista materializada y la almacena.

En el caso de uso para la Visualización de datos, se detectó que el sistema debe visualizar un cubo y además tener la funcionalidad de poder manipularlo, tanto para la agrupación o el incremento del nivel de detalle de los datos como la rotación del cubo.

Caso de uso: Visualización de datos

Participantes: Gerente y analista

Tipo: Primario

Descripción: El gerente visualiza en un cubo los datos contenidos en el almacén, Además puede manipular el cubo, rotándolo para ver otra vista del mismo, agrupando los datos o desagrupándolos, mostrando una cara distinta del cubo en cada operación.

Curso normal de eventos

Acción del actor	Respuesta del sistema
1. El caso de uso comienza cuando el gerente, desea visualizar los datos de un cubo.	
	2. El sistema carga los datos a partir de la consulta generada y visualiza el cubo.
3. El gerente, puede requerir agrupar los datos, desagrupar los datos o rotar el cubo.	
	4. El sistema realiza la petición a partir de la vista previamente materializada y se visualiza la información contenida en el cubo.

3.2 Diseño del Sistema

Una vez que se identifican los requerimientos del sistema, se procede al desarrollo del diagrama de clases conceptual; es decir, comprender el contexto del problema, permitiendo establecer las bases para desarrollar la aplicación con el paradigma orientado a objetos [7].

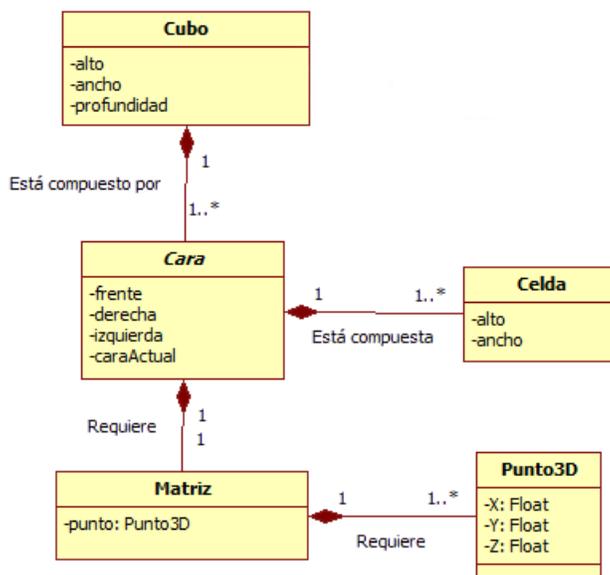


Fig. 1. Diagrama de clases conceptual para la visualización de datos

Los conceptos son representaciones de cosas u objetos del mundo real [8]. En la figura 1 se identifican los conceptos: Cubo, Cara, Celda, Matriz y Punto3D. Para determinarlos se comienza por el concepto más general, es decir, el Cubo, a partir de esto, se descompone en base a los elementos que lo conforman, resultando que Cara es una parte del Cubo que está compuesta a su vez de varias Celdas y una Matriz. Un cubo contiene tres puntos, utilizados para realizar las operaciones de rotar, de agrupar y de desagrupar, cambiando los puntos X, Y, Z; esto último se define como concepto Punto3D.

Los atributos son información que caracteriza al concepto del mundo real. Para el concepto Cubo, se identificaron los atributos: alto, ancho y profundidad, necesarios para poder crearlo. Un Cubo está compuesto por una o varias caras, en este caso se tiene el frente, la derecha, y la izquierda, todos ellos son atributos del concepto Cara, para saber la Cara manipulada, se tiene el atributo caraActual. Una Cara está compuesta por una o varias Celdas, al igual que el

Cubo se tienen los atributos alto y ancho, con la diferencia que no se requiere de una profundidad. El proceso de visualizar una Cara, implica la creación de una Matriz para realizar transformaciones al Cubo, el concepto Matriz tiene como atributo punto, además se requiere de otro concepto Punto3D para representar los ejes X, Y y Z.

En esta fase, se hizo uso de los diagramas de clases y éstos se desarrollaron a partir del diagrama de clases conceptual, con la diferencia de que se añaden las operaciones que reflejan el comportamiento; es decir, las acciones que se pueden realizar en un objeto, Además de la representación de componentes del sistema [8].

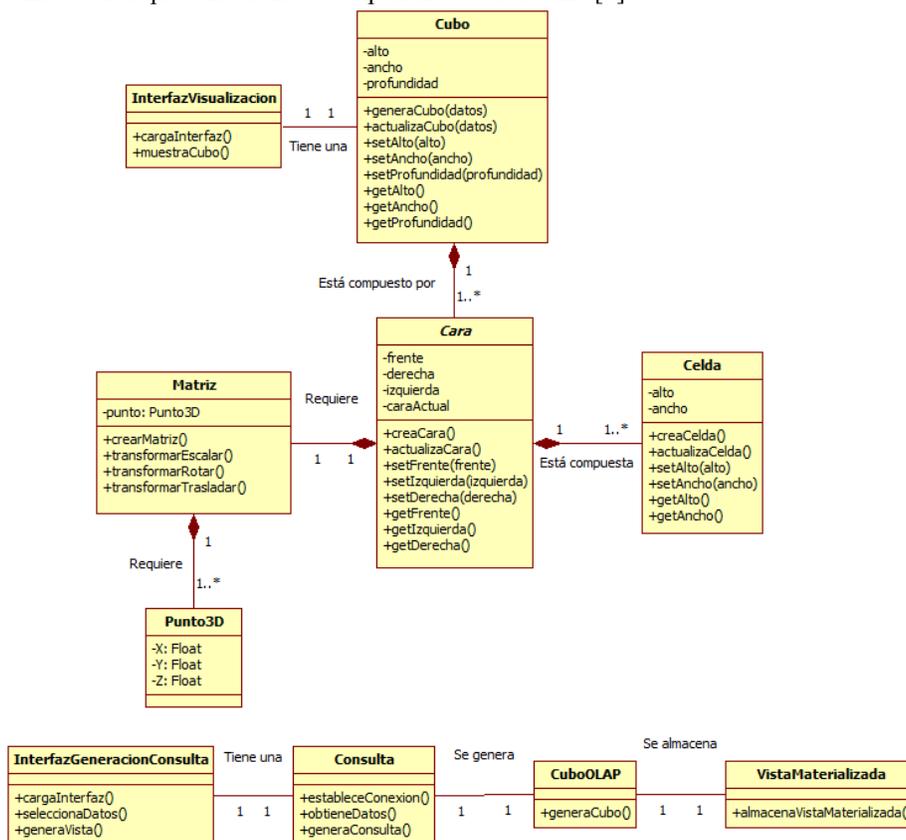


Fig. 2. Diagrama de clases del sistema para la visualización tridimensional de datos multidimensionales

En la figura 2 se presenta el diagrama de clases del sistema propuesto, se añadieron algunos componentes de software como la InterfazGeneracionConsulta y la InterfazVisualizacion. Para la generación de consultas se identificaron 3 objetos más: Consulta, CuboOLAP y VistaMaterializada. En las dos interfaces se tiene el método

cargaInterfaz, cuya finalidad es crear y el añadir los componentes tales como botones, cajas de texto, listas desplegables, etc.

En el objeto InterfazGeneracionConsulta se cuenta con el método seleccionaDatos, este proceso tiene el objetivo de recopilar la información que eligió el usuario, para después comunicarse con el objeto Consulta teniendo como propósito el generar la misma, para ello se requiere establecer conexión con el servidor y así poder obtener los datos necesarios para la generación del Cubo.

El objeto CuboOLAP tiene el método generaCubo, el cual se encargará de la generación del cubo OLAP y en el objeto VistaMaterializada se especificó el método almacenaVistaMaterializada cuya finalidad es almacenar la consulta que se generó previamente.

En el caso del objeto InterfazVisualizacion se tiene el método muestraCubo, teniendo como finalidad comunicarse con los demás objetos (Cubo, Cara, Celda) para que se visualice el cubo con la información requerida.

Se añadieron también métodos para establecer y obtener los datos de los atributos de cada uno de los objetos, así mismo se incorporaron métodos para crear y actualizar el Cubo, la Cara y la Celda.

Por último para el objeto Matriz, se tienen los métodos crearMatriz, transformarEscalar, transformarRotar y transformarTrasladar, que serán invocados cuando el usuario requiera manipular el cubo (agrupar, desagrupar los datos o rotar el cubo), ya que esto implica sumarizar los datos o mostrar los datos con más detalle y para el operador rotar se requiere mostrar otra cara del cubo.

3.3 Arquitectura

En la figura 3 se presenta la arquitectura propuesta misma que soporta el tipo de servidor HOLAP. Para el desarrollo del sistema, se considera un almacén de ventas con esquema en estrella de 3 dimensiones: ZonaGeo, Producto y Tiempo, siendo Ventas la tabla de hechos. ZonaGeo y Tiempo representan las jerarquías geográficas y temporales, respectivamente, y la dimensión Producto representa el catálogo de los mismos.

Las fuentes de datos consideran un almacén de datos, los data marts y los datos históricos. El servidor HOLAP requerido para tener acceso a los datos del almacén interactúa con las fuentes de datos y la interfaz de usuario.

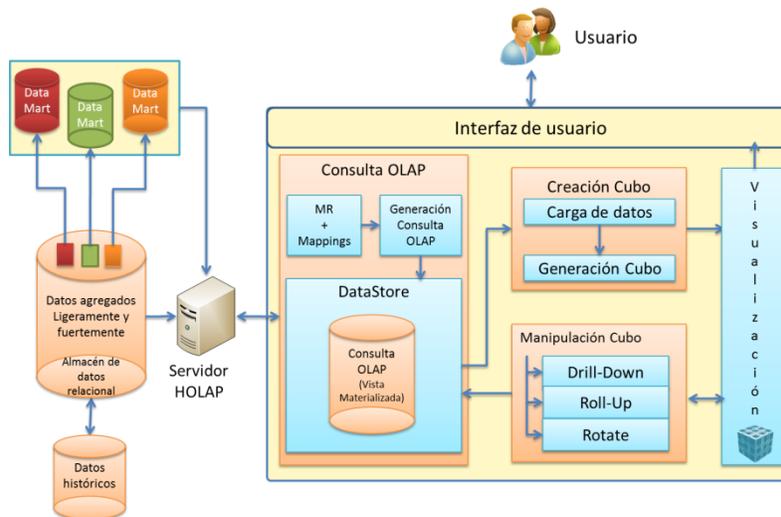


Fig. 3. Arquitectura propuesta para la visualización tridimensional de datos multidimensionales

Descripción de componentes de la interfaz de usuario:

1. Consulta OLAP: Se accederá al servidor HOLAP y la interfaz generará la consulta OLAP de manera semiautomática, se ejecutará sobre datos reales y se procederá a materializarla para su almacenamiento en el DataStore. Esto último permitirá la reutilización de la vista materializada para soportar el proceso de manipulación del cubo.
2. Creación del cubo: Este proceso requiere la carga de datos, estos se obtendrán del DataStore, lo que permitirá la generación del cubo y la visualización de los datos de manera tridimensional.
3. Manipulación del cubo: Permite que el usuario pueda utilizar los operadores drill-down, roll-up y rotate. Por ejemplo, para bajar un nivel de detalle en la jerarquía se utilizará el operador drill-down, lo que permitirá visualizar las ventas de un producto por día en lugar de por mes; con roll-up se resumen los datos del cubo; es decir, siguiendo con el ejemplo anterior, si se encuentran agrupados por mes entonces se mostrarán los datos por año; y el operador rotate consiste en girar el cubo alrededor de uno de los tres ejes, visualizándose así otra cara del cubo para su análisis. Cabe destacar que cuando se necesite aplicar los operadores, el sistema deberá reutilizar las vistas previamente materializadas, cargando los datos del DataStore directamente al cubo.
4. Visualización del cubo: Se visualizará al momento de generar el mismo o cuando el usuario requiera hacer uso de los operadores ya mencionados.

4 Resultados

Hasta el momento se han logrado identificar los componentes del sistema propuesto, tanto de la generación de consultas como de la visualización tridimensional de datos multidimensionales, para ello se utilizó el lenguaje UML. Los elementos del lenguaje que se consideraron para modelar el sistema fueron los casos de uso, los diagramas conceptuales de clases y los diagramas de clases de diseño.

Con los casos de uso se logró identificar los requerimientos del sistema, al modelar las funciones del sistema desde el punto de vista del usuario. Por medio de los diagramas conceptuales de clases, se logró detectar los conceptos (objetos) del sistema, sus atributos y sus relaciones. Después se afinaron los diagramas de clases para describir la estructura del sistema mostrando tanto los atributos como los métodos (acciones que deben de realizarse).

Por último se diseñó una arquitectura cliente/servidor que considera la materialización de consultas, la visualización tridimensional de datos multidimensionales y la manipulación, permitiendo aplicar los operadores drill-down, roll-up y rotate.

5 Conclusiones

En el presente trabajo, se hizo un análisis de cubos y servidores OLAP, lo que permitió comprender las necesidades del sistema; Además, para la fase de análisis y diseño del sistema se utilizó el lenguaje UML, esto ayudó a comprender mejor la problemática al modelar el sistema con el uso de casos de uso, diagramas de clases conceptuales y diagramas de clases de diseño. Así mismo, se diseñó una arquitectura cliente/servidor que considera la materialización de consultas para optimizar la manipulación del cubo de datos. Esto tiene por objetivo el disminuir el costo de acceso a las tablas básicas, permitiendo así mejorar el tiempo de respuesta en la ejecución de las consultas OLAP.

6 Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de CONACYT con la beca para los estudios de la maestría al primer autor.

7 Referencias

1. William Harvey Inmon, Building the Data Warehouse Third Edition, Capítulo 2: The Data Warehouse Environment, 31-35, Wiley Publishing, Inc., (2002)
2. ZhaoHui Tang y Jamie MacLennan, Data Mining with SQL Server 2005, Capítulo 11: Mining OLAP Cubes, 265-267, Wiley Publishing, Inc., (2005)
3. Surajit Chaudhuri, Umeshwar Dayal, An overview of data warehousing and OLAP

technology, SIGMOD Record, (1997)

4. Patrick Marcel and Place Jean Jaurès, Modeling and Querying Multidimensional Databases: An Overview, (1999)

5. Jim Gray, Surajit Chaudhuri, et. al., Data Cube: A Relational Aggregation Operator Generalizing Group-By, Cross-Tab, and Sub-Totals, journal: Kluwer Academic Publishers, (1997)

6. Gorla, Narasimhaiah, FEATURES TO CONSIDER IN A DATA WAREHOUSING SYSTEM., Communications of the ACM, (2003)

7. Craig Larman, UML y Patrones: Introducción al análisis y diseño orientado a objetos, Prentice Hall, 3-71, (2004)

8. Keng Siau, Lihyunn Lee, Are use case and class diagrams complementary in requirements analysis? An experimental study on use case and class diagrams in UML, Springer-Verlag London, (2004)

Una Propuesta de Control para Heliostato en Lazo Cerrado

Zinnia Mizquez Antunez y Víctor Hugo Benítez Baltazar

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México
zinniamqz@hotmail.com, vbenitez@industrial.uson.mx

Resumen. En el presente artículo se muestra el trabajo de investigación realizado con el fin de implementar la tecnología de torre central en Sonora, se establecen los cálculos necesarios para determinar las posiciones adecuadas para reflejar la luz solar desde un heliostato hacia la torre, y se propone un algoritmo con el cual se busca mejorar la precisión del heliostato para redirigir la radiación solar al concentrador en la torre.

Palabras clave: Heliostato, torre central, error por redondeo, radiación solar.

1 Introducción

La necesidad de resolver el problema del calentamiento global ha llevado a buscar la manera de reducir las emisiones de gases, esta problemática y el recurso solar con el que se dispone en diversas partes del mundo, despertaron el interés en el desarrollo de tecnologías de energía renovable, como los generadores térmicos solares y fotovoltaicos para la producción de energía limpia.

En el presente proyecto se analiza la implementación de una tecnología nueva para México, la cual consta del desarrollo de un sistema de captación de energía solar, mediante un sistema de heliostatos y una torre central, buscando seguir la trayectoria del sol para el máximo aprovechamiento del recurso solar.

Para lograr seguir la trayectoria del sol se necesita un sistema de control, donde mediante una computadora, un heliostato recibe la posición de la trayectoria aparente del sol, para después colocarse en el ángulo indicado, redirigiendo los rayos solares al receptor central colocado en la torre, donde se recibe la radiación solar y el calor es aprovechado para producir vapor y generar electricidad en un ciclo termodinámico.

Mediante pruebas en un ambiente de laboratorio se busca experimentar sobre el esquema actual, que es un heliostato con un sistema de control en lazo abierto para así proponer un esquema de control de seguimiento en lazo cerrado. Las pruebas serán realizadas sobre el mecanismo de control, tomando como base la información de las trayectorias del sol.

Para poder calcular los ángulos requeridos para el heliostato se debe de proporcionar una entrada de información, la cual consta de la dinámica de la trayectoria del sol. Estos datos ayudarán al sistema a hacer una comparación de la posición actual y la deseada y con ello generar una corrección.

Para controlar los heliostatos, se requieren calcular las variaciones de ángulos característicos de cada heliostato en función de la hora y del día del año, así como de la localidad geográfica.

2 Marco Teórico

El cambio climático inducido por el ser humano es uno de los indicadores más significativos de que la sociedad se aleja cada vez más del desarrollo sustentable. Se requiere una transformación importante de tal manera que se cubran las necesidades energéticas, sin que ello implique un deterioro del planeta y de los recursos naturales.

Tal transformación incluye cambios en el sistema de producción, de consumo y la estructura incentiva que forma el sistema [1]. El uso de la energía solar como recurso para la producción de energía eléctrica apoya esta transformación necesaria para comenzar una trayectoria sustentable.

2.1 Radiación Solar

La radiación solar es la energía electromagnética emitida debido a la temperatura del sol [2]. Esta se puede distinguir en dos: la radiación solar directa y la radiación solar difusa. La primera es la radiación solar que llega a la superficie de la tierra directamente del disco solar (en línea recta), pero atenuada en su intensidad por la acción de la atmósfera. La segunda es la radiación que ha sido dispersada (esparcida) por las componentes de la atmósfera, de modo que llega a la superficie desde diferentes puntos de la bóveda celeste, pero no del disco solar. Estas dos componentes conforman lo que se conoce como la radiación solar global, o hemisférica [3].

La estimación de la radiación solar es considerada como el parámetro más importante para el diseño y desarrollo de varios sistemas de energía solar, ya que este tipo de energía ocupa uno de los lugares más importantes entre varias fuentes de energía alternativa [4].

Los efectos de la atmósfera son determinantes en la intensidad de la radiación solar, lo que da como resultado una gran variabilidad de este parámetro con el tiempo y con la ubicación geográfica. La cantidad de energía disponible puede presentar diferencias importantes, no sólo de un día a otro o de un mes a otro, sino de un año a otro. Así mismo, puede haber variaciones importantes entre sitios relativamente cercanos debido a diferencias en el microclima [3].

Sonora se conoce por su gran recurso solar, se caracteriza por su alta temperatura y escasa precipitación; aproximadamente en el 95% del territorio sonorense los climas son muy secos, secos y semisecos. Estos tipos de clima, también llamados desérticos, abarcan cerca de 46% de la superficie de Sonora, y se caracterizan por su precipitación inferior a

los 400 mm al año y su temperatura media anual de 18.0° a 26.0°C; son considerados muy extremos [5].

2.2 Antecedentes de Heliostatos

Los sistemas de energía solar dependen fundamentalmente de la cantidad de energía capturada, de ahí, el problema de desarrollar esquemas capaces de seguir la trayectoria del sol a través del curso del día a lo largo de todo el año [6].

Con los avances rápidos en la tecnología y en los sistemas de control, la literatura contiene sofisticados sistemas de seguimiento solar diseñados para maximizar la eficiencia de los sistemas térmicos solares y fotovoltaicos [6].

El desarrollo de los heliostatos muestra una clara evolución desde los primeros prototipos, con una estructura pesada y rígida con segundas superficies acristaladas y superficie reflectante en el entorno de los 40m², a los más recientes mucho más ligeros de peso, de mayor superficie y de más bajo costo con una mayor variedad de materiales reflectantes a base de espejos de bajo contenido en hierro o polímeros con la superficie anterior plateada [7].

2.3 Tecnología de Torre Central

Las torres de energía solar generan energía eléctrica de la luz del sol, centrando la radiación solar en un receptor. El sistema utiliza centenares a millares de espejos que siguen el sol, llamados heliostatos, los cuales reflejan la luz del sol incidente sobre el receptor [8]. El flujo de calor producido por esta viga de energía hacia el receptor debe de ser controlado precisamente para crear una segura y eficiente conversión de energía solar a energía usable [9].

En la figura 1, se muestra la tecnología de torre central, en la cual se indican los parámetros necesarios para lograr diferentes factores de capacidad de la planta. Para incrementar el factor de capacidad para cierto tamaño de turbina, el diseño (1) se incrementaría el número de heliostatos, (2) se aumentaría el tamaño de almacenaje térmico, (3) se aumentaría la altura de la torre, (4) se incrementaría el tamaño del receptor [8].

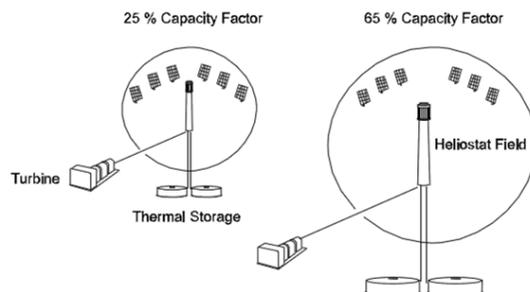


Fig. 1. Tecnología de torre central.

En una torre de energía solar de fundición de sal, la sal líquida a 290°C (554°F) se bombea de un tanque de almacenaje ‘frío’ a través del receptor donde se calienta a 565°C ($1,049^{\circ}\text{F}$) y entonces es encendido un tanque en ‘caliente’ para almacenaje. Cuando se necesita energía de la planta, la sal caliente se bombea a un sistema generador de vapor sobrecalentado. Del generador de vapor, la sal se vuelve al tanque frío donde se almacena y se recalienta eventualmente en el receptor. Determinar el tamaño óptimo de almacenaje para conocer los requisitos de energía es una parte importante del proceso de diseño del sistema [8].

El almacenaje de energía y la capacidad de enviar energía son muy importantes para el éxito de la tecnología de torre de energía solar, y se cree que la sal derretida es la clave para un costo de almacenaje de energía eficaz [8].

3 Descripción del Problema

La propuesta a desarrollar es el planteamiento de un esquema de control en lazo cerrado partiendo de un esquema de control en lazo abierto, realizando su simulación y experimentación en un prototipo de heliostato el cual fue diseñado en el departamento de ingeniería industrial de la universidad de Sonora y el CIE (Centro de Investigación en Energía) de la UNAM. En la búsqueda de implementar un sistema de concentración solar de torre central bajo un sistema de control en lazo cerrado se ha presentado la necesidad de desarrollar una mejora para minimizar un error presentado en las posiciones del heliostato.

Los sistemas térmicos solares de alta concentración requieren que el seguimiento solar se efectúe con gran exactitud. Aunque el grado de precisión requerido depende de las características específicas del sistema de concentración analizado, en general, entre más grande el sistema de concentración mayor exactitud de seguimiento es requerido. Para un sistema de concentración solar de torre central (*CRS Central receiver system*) con un radio de concentración alrededor de 1000, esto se ha estimado aproximadamente como 3.5 minutos de arco [10].

3.1 Calculando la Trayectoria del Sol

La tendencia actual en los sistemas de concentración solar es utilizar sistemas de control en lazo abierto basados en la dirección del vector solar usando la localización geográfica y el tiempo [10].

Un sistema de control de lazo abierto calcula su salida usando solamente el estado actual basado en la fecha y la hora del día, sin usar la retroalimentación; de tal manera que no se determina si su salida ha alcanzado la meta deseada. El sistema es más simple y más barato que el tipo de lazo cerrado [11].

Para determinar la orientación que debe tener el espejo del heliostato que permita dirigir los rayos solares a la torre, se requiere determinar los componentes del vector normal al espejo, de tal forma que puedan calcularse el *azimuth* y la elevación necesarias en cada momento del día. A partir de un sistema de coordenadas cartesianas situado en la torre [7], tal que el eje X positivo señale el norte geográfico, y el eje Y positivo señale el oeste geográfico, así como el eje Z quede en la línea de altura de la torre, es posible lograr el objetivo de la orientación [12].

Los vectores solares involucrados se pueden representar por el vector solar \vec{s} , el vector normal al espejo \vec{m} y el vector reflejado hacia el concentrador \vec{r} como se puede ver en la figura 2. En [12] y [7], se han desarrollado los componentes de estos vectores hasta obtener las ecuaciones necesarias para calcular los ángulos característicos, y con ello, determinar la orientación que se le debe de dar al heliostato en cada momento del día desde las 06:00 horas hasta las 18:00 horas para una ubicación geográfica en la Ciudad de Hermosillo, Sonora. Con esto el heliostato será capaz de redirigir los rayos solares hacia el concentrador solar.

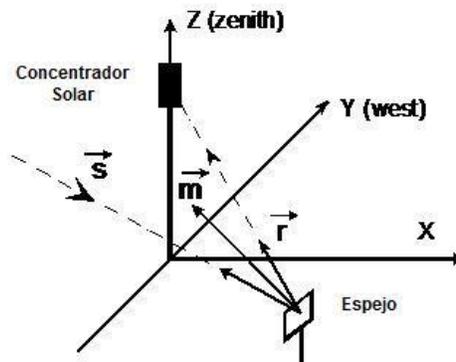


Fig. 2. Definición de los vectores en un sistema de coordenadas cartesianas

En el esquema de control en lazo abierto, la acción de control se genera a partir de los datos proporcionados por una tabla que se obtiene mediante la simulación mencionada anteriormente de tal forma que los actuadores se encuentran desacoplados completamente y no existe forma de asegurar que las posiciones requeridas por el *exosistema* se satisfagan. Sin embargo este es un esquema económico de control desde el punto de vista de los actuadores y de la instrumentación necesaria a implementar. Los actuadores se encargan de redirigir el espejo de acuerdo a los ángulos requeridos por el *exosistema* de tal manera que los rayos del sol siempre apunten al concentrador solar [12].

3.2 Errores de Control

En la figura 3 se muestra el esquema de control en lazo abierto manejado. Donde se puede apreciar que los datos obtenidos por un modelo algebraico (β , γ) alimentan el sistema de control, la señal es conducida al heliostato, donde se crean los movimientos en elevación y azimut. En esta figura se consideran parámetros que pueden afectar el desempeño del heliostato y la precisión con la que dirige los rayos solares.

En los parámetros ambientales se consideran el viento, humedad, polvo, entre otros; los parámetros numéricos son problemas de exactitud en el algoritmo manejado para calcular las posiciones del sol. Existen muchos algoritmos para calcular la posición del sol, unos son de formulas y algoritmos sencillos y otros más complejos, donde el error se maneja en minutos de arco [10].

También se consideran parámetros mecánicos que tienen que ver con el equipo que se maneja en el sistema de control, como son el motor, la transmisión, entre otros elementos. Un fenómeno persistente que se presenta en la transmisión, es el del *backlash*, este se presenta cuando dos engranajes no se montan a una distancia de centro a centro que empareje exactamente la suma de los radios, se presenta una pequeña separación, o *backlash* entre los dientes. Cuando el engranaje toma dirección contraria, requiere de una pequeña rotación antes de que se elimine la separación y el engrane empiece a moverse [13].

El error por redondeo numérico ha sido estudiado en este proyecto, el cual consiste a un error que se acumula en la tabla de datos que alimentan al sistema de control, al discretizar datos decimales a enteros, usando, en este caso, el método de redondeo hacia arriba, teniendo como resultado la desviación del heliostato de su punto óptimo en el receptor, tal desviación va creciendo conforme pasa el día.

Debido a que el heliostato está constituido por un sistema de control a lazo abierto, existe una incertidumbre de la posición que ha tomado, por lo tanto el error acumulado por el redondeo de los datos que alimentan al sistema de control es un problema importante que debe de ser considerado.

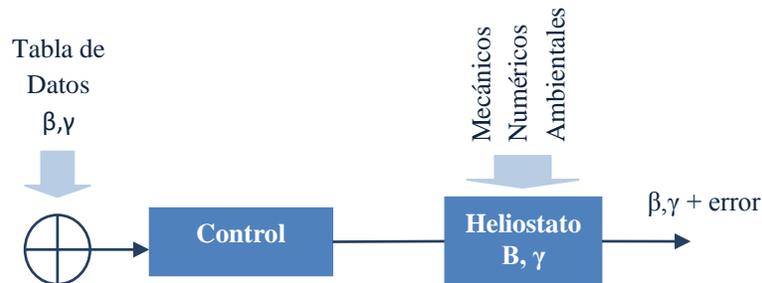


Fig. 3. Esquema de control en lazo abierto.

4 Algoritmo de Corrección del Error Numérico en el Actuador

Se ha propuesto un algoritmo donde se intenta minimizar el error que se presenta al redondear los pasos decimales del motor a pasos enteros.

En este algoritmo cuando el error e_i sea igual o mayor a uno (un paso del motor) al siguiente minuto (siguiente posición) no se dará un paso, y se guarda el valor excedente en la variable “a”, de esta manera se busca manejar el error dentro de un rango muy pequeño.

Lo que hace el algoritmo es leer una lista de datos, de los cuales analiza el valor y si este es menor que uno, no se genera ninguna respuesta, si el valor es igual o mayor a uno, al siguiente valor le resta uno, lo cual es equivalente a no dar un paso del motor, ya que se ha acumulado un paso al redondear los valores, si el valor acumulado es mayor a uno el excedente se guarda y se analiza con el siguiente paso. Con este algoritmo se reduce el error, el cual llega a su punto máximo al medio día.

Se espera mejorar la precisión de los heliostatos al concentrador solar, disminuyendo el error de seguimiento inducido por el redondeo numérico. Adicionalmente, se espera adecuar el sistema de control al modificarlo a lazo cerrado, equipándolo con sensores para conocer la posición del heliostato cada cierto tiempo, compararlo con la posición óptima y corregir la posición deseada.

4.1 Sistema de Control en Lazo Cerrado

En teoría de control, los sistemas más confiables son aquellos que utilizan retroalimentación para corregir un posible error entre el efecto deseado y el efecto obtenido [14].

La retroalimentación se realiza mediante diversos métodos de medición, dependiendo de la variable que se requiera verificar, normalmente para un control de seguimiento mecánico se utiliza un encoder de posición [14].

La parte correspondiente al control recibe una señal del exterior, la procesa para controlar al dispositivo actuador y manipular así una variable.

El trabajo del sensor consiste en leer la señal emitida por el control y retroalimentarla para ser comparada con la entrada. Esta comparación permite evaluar si la señal de entrada es suficiente para que la salida sea la adecuada.

Se busca enviar una señal de posición al controlador que es un motor a pasos unipolar, mientras que el sensor verifica la posición [14].

El siguiente paso a realizar en el proyecto para asegurar que la posición del heliostato es la indicada por el modelo matemático es equipar al heliostato de sensores quienes indiquen la posición tomada después de realizar la orden indicada por la computadora, a esto se le conoce como retroalimentación del sistema en lazo cerrado.

5 Resultados

Se ha hecho una simulación del modelo matemático que indica las posiciones del heliostato complementado con el algoritmo de corrección, donde se ha demostrado que la desviación del heliostato disminuye considerablemente.

La etapa de aplicación de sensores al heliostato sigue en proceso, así como la experimentación.

6 Conclusiones

Hasta donde se ha llegado con el proyecto y la investigación bibliográfica que se ha realizado, se puede concluir que los sistemas termo solares son una tecnología muy útil y viable para desarrollarse en el estado de Sonora.

Es una tecnología nueva para México y el experimentar y estudiar su desarrollo es fundamental para trabajos futuros y para la mejora del mismo.

Buscando la factibilidad de esta tecnología en México, la implementación de un sistema de gran precisión es importante, así como un costo de producción y de manejo también es importante. Por lo tanto el lograr captar la mayor cantidad de energía solar es el punto clave para un proyecto como este. Donde se ha buscado implementar un sistema de control en lazo cerrado a un heliostato que se maneja actualmente en un sistema en lazo abierto, en su intento se ha logrado reducir el error que se presenta en el manejo del heliostato y se trabaja con la implementación de los sensores.

7 Referencias

1. Pier, V. Industrial transformation towards sustainability of the energy system. Baltzer , 157-163, (2000).

2. Puppo, E., Puppo, G. A., & Puppo, G.: Fuentes Térmicas. En: Sol y Diseño: Índice térmico relativo. Marcombo, 9-10, (1999).
3. Estrada Gasca, C. A., Arancibia Bulnes, C., Dorantes Rodríguez, R., Islas Samperio, J., & Muhlia Velásquez, A.: Vision a largo plazo sobre la utilización de las energías renovables en México. Centro de investigación de energía, Anexo 6, 1-16 (2005).
4. Jakhraïn, A. Q., Othman, A. K., Rigit, A. R., & Samo, S. R.: A simple method for the estimation of global solar radiation from sunshine hours and other radiation from sunshine hours and other. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1-6, (2010).
5. Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. Junio 9, 2011. <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/son/clim.cfm?c=444&e=26>
6. Mehrabian, M. A., & Aseman, R. D.: Computer Programming to Calculate the Variations of Characteristics Angles of Heliostats as a function of time and position in a central receiver solar power plant. ISES, 1894-1898. (2007).
7. Osuna, R., & Cerón, F.: Desarrollo de un prototipo de heliostato para la planta Colon Solar. *energüia*, 71-79, (1999).
8. Solar Power Tower. 6-23. The California Energy Commission , (2008).
9. Herbert, D. A., & Mutone, G. A.: A Distributed Computer Control Configuration. IEEE, 1062-1063. (1980).
10. Blanco Muriel, M., Alarcón Padilla, D. C., Lopez Moratalla, T., & Lara Coira, M.: Computing the Solar Vector. Elsevier, 431-441, (2001).
11. Lee, C.-Y., Chou, P.-C., Chiang, C.-M., & Lin, C.-F.: Sun tracking systems: A review. *Sensors*, 3875-3890 (2009).
12. Benitez Baltazar, V. H., Anaya Eredias, C., & Ramírez Ponce de León, H. M.: Síntesis de señales de control para seguimiento solar y su aplicación a un prototipo de heliostato. *CIINDE*, 642-647, (2010).
13. Bishop, R. H.: Mechatronic Sensor and Actuators. En: *The Mechatronics Handbook*. Editor-in-Chief. Austin, Texas (2002).
14. Pacheco Ramírez, J. H., Anaya Pérez, M. E., & Benitez Baltazar, V. H.: Sistema de control para seguimiento solar basado en visión artificial. *CIINDET* , 1-6, (2010).

Establecimiento de Parámetros de operación de Máquina de Soldadura por Puntos

Alejandro Guzmán Luna, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Ignacio Fonseca Chon,
Enrique De la Vega Bustillos

Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Hermosillo
Sonora, México
cuate07@hotmail.com, gruiz@ith.mx, ifonseca@industrial.uson.mx,
en_vega@ith.mx

Abstract. Este estudio presenta un enfoque sistemático para determinar el efecto de los parámetros de control (presión del electrodo, corriente, diámetro del electrodo y tiempo de soldadura) en un proceso de soldadura de puntos por resistencia (RSW). La obtención de parámetros óptimos de operación se hará utilizando el enfoque Taguchi (arreglos ortogonales) de diseño de experimentos. El análisis de varianza (Anova) y el análisis señal-ruido, nos permitirán determinar cuál de de estos factores es estadísticamente significativo, así como cual combinación de parámetros óptimos de funcionamiento, hacen de este proceso de soldadura por puntos de resistencia, un proceso robusto.

Palabras clave: Soldadura por resistencia eléctrica, factores de control, diseño de parámetros robustos.

1 INTRODUCCION

La *soldadura de costura, de proyección y de puntos por resistencia* son los tres procesos de mayor importancia dentro del grupo llamado *Soldadura por Resistencia*, siendo la última de éstas la de mayor aplicación en la industria automotriz, aeroespacial, electrodomésticos, etc. Este tipo de soldadura se caracteriza por utilizar una combinación de calor y presión para obtener la *coalescencia*. El calor obtenido de la resistencia al flujo de la corriente eléctrica a través de las piezas unidas bajo presión por medio de electrodos produce una zona fundida entre las dos piezas llamada *pepita de soldadura* (ver figura 1). [1].

La soldadura por resistencia está clasificada como un proceso de soldadura de fusión ya que el calor empleado provoca la fusión de las superficies de las piezas en contacto. La cantidad de energía calorífica empleada en el proceso de soldadura está dada en función de la corriente, la resistencia y el tiempo entre las piezas de trabajo, [2].

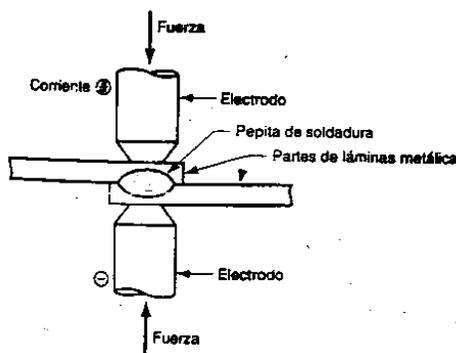


Fig. 1. Componentes de la soldadura por resistencia; (fuente: [1], p. 716)

Los principales factores de control de este proceso son el flujo de corriente, el intervalo de tiempo en que se aplica la corriente, la fuerza de los electrodos, y la resistencia del circuito. La calidad de la soldadura puede ser juzgada por el tamaño de la pepita de soldadura, la fuerza de la unión y la zona afectada térmicamente. En la tabla 1 se pueden apreciar estos factores de control.

Tabla 1. Parámetros del proceso con sus respectivos niveles

Factor	Nombre de factor	Niveles
1	Presión del electrodo (kN)	Bajo medio alto
2	Corriente (kA)	Bajo medio alto
3	Diámetro del electrodo (mm)	Bajo medio alto
4	Tiempo de soldadura (ciclo)	Bajo medio alto

2 DEFINICION DEL PROBLEMA

Controlar los factores que actúan dentro de un proceso de soldadura, juega un papel muy importante en la calidad de la soldadura, ya que esto hace posible que la misma sea inmune a las fuerzas que actúan sobre su vida útil. Por lo tanto, es muy importante el seleccionar los parámetros adecuados de funcionamiento. Normalmente, los parámetros deseados en un proceso de soldadura se obtienen ya sea de la experiencia del soldador, de algún manual de funcionamiento o de cualquier otra fuente que no asegura que dichos parámetros seleccionados puedan producir una soldadura con una calidad óptima o cercanamente óptima para esa máquina o proceso en específico. Hay que hacer notar que el presente trabajo de investigación se realizara a petición de una empresa de metal-

mecánica de la localidad que emplea la soldadura de puntos de resistencia dentro de su proceso productivo.

3 MARCO TEORICO

“El *diseño de parámetros robustos* es parte de la metodología de Taguchi que involucra diseños de tratamientos factoriales usados fuera de línea para el mejoramiento del diseño de productos y procesos en la manufactura” [3]. El diseño reside en factores que se pueden controlar durante el proceso de manufactura (parámetros) y aquellos que no son controlables (de ruido). La finalidad es determinar qué mezcla de factores controlables es la menos sensible a los cambios en las variables de ruido. La elección deseable de aquellos factores y sus niveles encamina a un proceso de manufactura que tiene como resultado el producto deseado y es robusto respecto a las oscilaciones de los factores de ruido.

4 METODO PROPUESTO

El presente estudio propone un enfoque de cuatro pasos para identificar los parámetros óptimos de funcionamiento para un proceso de soldadura de puntos. *Primer paso*; seleccionar los factores que tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el proceso de soldadura. *Segundo paso*; diseñar el experimento utilizando el enfoque de diseño de experimentos y realizar las corridas necesarias (elegir un arreglo ortogonal L_{27} , para cuatro factores a tres niveles así como sus posibles interacciones, ver tabla 2). *Tercer paso*; identificar las características importantes de la calidad de la soldadura como las respuestas de nuestro experimento y realizar una medición de cada una de ellas. *Cuarto paso*; realizar el *análisis de varianza* (Anova) así como el *análisis de razón señal-ruido*. El anova nos permite investigar cuales de los parámetros de diseño están afectando significativamente a nuestras respuestas y su porcentaje de contribución. El análisis señal-ruido es la relación de *señal* que nos representa un valor deseable, es decir la media de nuestras características de salida y el ruido nos indica un valor indeseable.

Tabla 2. Arreglo ortogonal L_{27}

Arreglo ortogonal	Numero de filas	Numero maximo de factores	Máximo número de columnas en estos niveles			
			2	3	4	5
L_{27}	27	13	-	13	-	-

5 MATERIALES

Los materiales a utilizar en este trabajo, serán un lote de placas de acero en calibres 16, 14, 10 y 3/16” que serán soldadas por puntos y que de acuerdo a la nomenclatura creada por el *American Iron and Steel (AISI)* y la *Society of Automotive Engineers (SAE)* acero 1020, o lo que es lo mismo, un *acero al bajo carbono* con una composición de carbono menor al 0.20%. Una máquina punteadora neumática marca Rayomex modelo PNI-4045, donde habremos de soldar todas las placas en sus diferentes calibres. Se hará uso además de una maquina cizalladora que permitirá cortar las probetas para realizar el experimento. Además de ésto, se solicitará la ayuda a personal operario para la realización de todas las corridas experimentales.

6 RESULTADOS

“El experimento de confirmación es el paso final en la primera iteración del diseño del proceso de experimentación. El propósito del experimento de confirmación es el validar las conclusiones dibujadas durante la fase de análisis” [4]. El experimento de validación se realiza a través de una prueba con una combinación propia de factores y niveles evaluados anteriormente. En este estudio, después de determinar las condiciones óptimas y predecir la respuesta bajo estas condiciones, un nuevo experimento es diseñado y llevado a cabo con los niveles óptimos de los parámetros de soldadura.

7 CONCLUSIONES

El presente trabajo plantea la posibilidad obtener parámetros óptimos de operación para un proceso de soldadura de puntos por resistencia utilizando el enfoque Taguchi de diseño de experimentos. El concepto de diseño explica a manera de un experimento llevado a cabo fuera de la línea con 4 factores controlables (corriente, resistencia, presión y tiempo) cada uno a tres niveles, teniendo como objetivo determinar que combinación de estos factores pudieran permitir tener un proceso robusto de soldadura. Es decir, hacerlo inmune a aquellos factores que difícilmente se pudieran controlar, ejemplos de ésto serían el medio ambiente, un cambio de personal operario, un proveedor diferente de materias primas, etc.

8 BIBLIOGRAFIA

- [1] Groover P. M. Fundamentos de Manufactura Moderna. McGraw Hill (2007) pp. 716-18.
- [2] O’Brien L. R. American Welding Society, *Jefferson’s Welding Encyclopedia*, 18 edición. (1997) pp. 430-31.

186 Alejandro Guzmán Luna, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Ignacio Fonseca Chon,
Enrique De la Vega Bustillos

- [3] Kuehl O. R. *Diseño de experimentos*, 2^{da} edición, International Thomson editores (2001), pp. 413-15.
- [4] Esme U. Application of Taguchi method for the optimization of resistance spot welding, *The Arabian Journal for Science and Engineering* (2009), 34, 2B, pp. 4.

Diseño de un Sistema de Control Programable

Nabor RomeroVilla¹, German Alonso Ruiz Dominguez¹, Rogelio Acedo Ruiz², Angel Ocaña², Andres Aghmed Reyes²

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo.

² Departamento de Ingeniería en Mecánica, Instituto Tecnológico de Hermosillo.
nromero87@gmail.com, gruiz@ith.mx, rogelioacedo@hotmail.com,
angelong_@hotmail.com, andres_rey2@hotmail.com

Resumen. El proyecto consiste en el diseño de un sistema de control programable para un Centro de Maquinado Vertical CNC (Fresadora), que actualmente se encuentra en estado obsoleto. Se describe los diferentes sistemas que lo componen: el mecánico, el electrónico, la parte de la programación y el complemento de sus partes. Igualmente se menciona los componentes que se utilizan, las técnicas y modo de programación del control.

Palabras Clave: Fresadora CNC, Sistema de Control Programable, *NI Labview*TM®, Interfaz, Instrumentación Virtual. Tarjeta de adquisición de datos

Abstract. The project involves the design of a programmable control system for CNC Vertical Machining Center (Milling), which currently is obsolete. It describes the various systems that comprise: mechanical, electronics, the programming and the complement of this part. Also mentioned components are used, the techniques and programming control.

Keywords: CNC milling, Programmable Control system, *NI Labview*TM®, interface, virtual instrumentation.

1 Introducción

Este proyecto trata sobre el diseño de un sistema de control programable para una fresadora de Control Numérico por Computadora (CNC) la cual tiene actualmente su sistema de control en estado obsoleto, funcionando solamente la parte mecánica de la misma.

Actualmente se está trabajando en hacer un control preliminar, para después enfocarse en el sistema de control programable final. Para lo anterior se utilizará la programación Gráfica de *LabView*TM®. de la empresa *National Instruments*, así como tarjetas de

adquisición de datos, controladores de motores a pasos, y la interfaz, para tener nuestro control programable para la fresadora CNC.

Una de las finalidades de este proyecto es desarrollar el control de manera semejante al control que tenía la fresadora CNC, esto con fines principalmente didácticos, para que los alumnos puedan tener mejor práctica en esta área.

2 Marco Teórico

Las Máquinas de Control Numérico (CN) son productos típicos mecatrónicos, que comprenden de herramientas que tienen un sistema mecánico y un sistema de control número que es un componente eléctrico [1].

La máquina-herramienta es llamada máquina madre, en el sentido de que es una máquina que hace máquinas. En particular las máquinas-herramientas han tenido un gran avance desde las máquinas herramienta manuales, hasta las máquinas-herramientas de control numérico. Estas han adoptado el papel principal ya que tienen una gran mejora en la parte de la precisión y la velocidad de maquinado [1].

Las máquinas de control numérico se clasifican en máquinas de corte y máquinas de no corte. Una máquina de corte es aquella máquina en la que se realiza el proceso de remover una parte de la pieza para realizar una pieza determinada, las fresadoras y los tornos son buenos ejemplos de este tipo de máquinas [1].

CNC significa control numérico computarizado. En una fresadora CNC, una computadora controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. Gracias a esto se puede hacer movimientos que pueden ser, círculos, diagonales y otras figuras complejas [2].

Un sistema de control es aquel en el que la salida del sistema se controla para tener un valor específico o cambiarlo, según lo determina la entrada al sistema. Un sistema de lazo cerrado, en donde existe un lazo de retroalimentación que es el medio a través del cual una señal se relaciona con la variable real obtenida, y se realimenta para compararse con la señal de referencia [3].

*LabView*TM®, es un entorno de programación gráfica utilizado por millones de ingenieros y científicos para realizar: mediciones sofisticadas, pruebas y sistemas de control, usando íconos gráficos y cables que asemejan un diagrama de flujo [4].

3 Descripción del problema

Actualmente se tiene un centro de maquinado vertical CNC (fresadora CNC) sin funcionar en la celda CIM del laboratorio de Ing. Industrial, en el Instituto Tecnológico de Hermosillo.

Esta fresadora se encuentra en estado obsoleto, ya que actualmente los proveedores de no ofrecen ni servicio, ni reparaciones para este modelo de fresadora CNC por estar

descontinuado. Por lo tanto, se tendrá que diseñar un nuevo control para su adecuado funcionamiento, ya que la parte mecánica de la fresadora funciona correctamente.

4 Desarrollo de la solución

Para desarrollar una solución se tomaron en cuenta tres aspectos muy importantes, la parte mecánica, la parte electrónica y la parte de la programación, ya que las tres trabajan entre sí para tener un control de nuestro sistema [5].

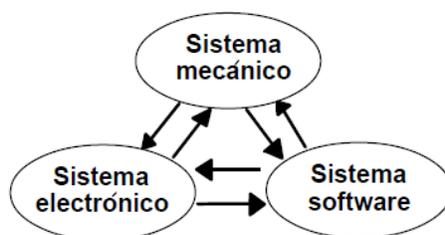


Fig. 1. Componentes de un sistema de control numérico Fuente: [5].

El sistema de control de la fresadora CNC, será un sistema de control de lazo cerrado, ya que se necesita una retroalimentación para poder saber la posición del elemento a trabajar, y también para realizar las diferentes operaciones de corte a diferentes velocidades. La parte mecánica se tomará de la fresadora CNC que actualmente está en estado obsoleto, la parte electrónica se utilizarán productos de *National Instruments*, como: una tarjeta de adquisición de datos, una tarjeta para el control de motores a pasos, una interfaz para las conexiones de los motores y un cable. La parte de la programación se realizará en un programa llamado *LabView™* de *National Instruments*.

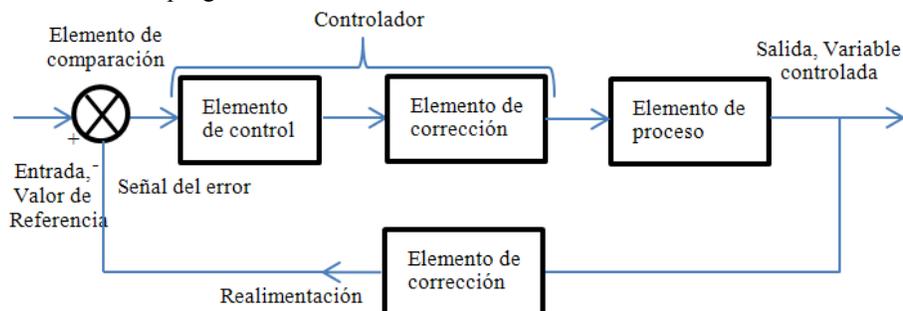


Fig. 2. Sistema de control de lazo cerrado Fuente: [3].

5 Resultados y Conclusiones

Actualmente ya se ha analizado el sistema actual, se tiene la estrategia para realizar el sistema de control programable, y los materiales que se utilizarán para el control. Estos son algunos resultados que se han obtenido y otros en los que se está trabajando:

- Se realizó un diagnóstico previo para saber que componentes son los que funcionan y cuales otros no, de la parte mecánica y electrónica de la máquina
- Se desarrolló una estrategia de cómo realizar el sistema de control: implementar la parte electrónica y de programación con componentes de *National Instrument (NI)* y el programa *LabView™*, para poder así realizar el control utilizando la parte mecánica de la fresadora.
- Una vez obtenida la estrategia, se tomaron en cuenta todos los materiales a utilizar y su función en el sistema
- Actualmente se está desarrollando un control preliminar. Para poder analizarlo y ver que resultados obtenemos.
- Después de realizar el control preliminar, se trabajará con el control final, asemejándolo al control que tenía la fresadora.

Los resultados del control preliminar han sido positivos, ya que hemos podido controlar los motores tanto su velocidad como su recorrido, mediante la programación de PIC's, tarjetas de adquisición de datos, la programación en *LabView™* y los motores de la fresadora CNC.

6 Referencias

1. Suh D-H, Kang S-K, Chung D-H, Stroud I. Theory and Design of CNC Systems. Springer-Verlag London Limited, (2008).
2. Somolinos Sánchez J. A. Avances en robótica y visión por computador. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, España (2002).
3. Bolton W. Ingeniería de Control 2da Edición. Alfaomega (2006)
4. LabView™. www.ni.com, visitada en Agosto del (2011).
5. Londoño N. Simanca P. L. Álvarez J. Marín E., Descripción del Diseño y Construcción de un Torno de Control Numérico, Revista Ingeniería y Ciencia, vol. 1, Núm. 2, pp. 40-51. (2005)

Control Estadístico de Procesos con Corridas Cortas de Producción

Cynthia Lorena Velasquez Valenzuela, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Ignacio Fonseca Chon

División Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Hermosillo.
cynthia_enero@hotmail.com, gruiz@ith.mx, ifonseca@industrial.uson.mx

Abstract. Una forma de determinar el origen de las variaciones de las características de los productos que generan defectos, es utilizar las herramientas del control estadístico de calidad como las cartas de control. Cuando las cartas de control se aplican a un proceso, éste es más fácil de vigilar y por ende, detectar anomalías en los productos antes de que lleguen al cliente final.

Keywords: control estadístico de proceso, corridas cortas de producción, control estadístico de procesos con corridas cortas de producción, cartas de control.

1 Introducción

Como resultado de corridas de procesos no estabilizados, muchas compañías crean una cantidad grande de productos defectuosos, los cuales tiene que ser desechado o reprocesarse, lo cual conlleva a la generación de pérdidas económicas para la empresa. Los artículos defectuosos se generan debido a las variaciones que se presentan en el proceso de fabricación, mismas que pueden tener su origen en la calidad de la materia prima, habilidad del proceso, habilidad del operario, las máquinas y herramientas utilizadas, entre otros. Una forma de determinar el origen de estas variaciones es utilizar la técnica conocida como control estadístico. Para llevar a cabo este control estadístico es necesario primeramente hacer un análisis del proceso de producción y aplicar herramientas estadísticas como: histogramas, diagramas de Pareto, diagrama causa-efecto, cartas de control, etc. Cuando el control estadístico se aplica a un proceso, éste es más fácil de vigilar y por ende, detectar anomalías en los productos antes de que lleguen al cliente final.

2 Marco Teórico

El Control Estadístico de Proceso (CEP) tradicional está diseñado para los procesos donde la producción es de alto volumen, lo que equivaldría a tener más de 20 datos como

muestra [1]. Ahora la demanda de los productos es cambiante y el mercado exige una amplia variedad de productos, los procesos de fabricación son cada vez más complejos, variables y flexibles. Los ambientes de manufactura modernos trabajan con producción lotes pequeños y no se pueden recabar los suficientes datos para aplicar CEP tradicional. Por lo que las herramientas no son las adecuadas para la aplicación del control estadístico de procesos de la forma tradicional. Cuando en la línea de producción no se recaban los datos suficientes para la aplicación de las cartas de control, o que los procesos son tan rápidos que no se pueden recabar los suficientes datos, entonces a este tipo de producción se le conoce como corridas cortas de producción.

La carta de control es una de las principales técnicas del CEP [2]. En esta carta los datos de las mediciones de una característica de la calidad hechas en muestras tomadas del proceso se grafican contra el tiempo. CEP en corridas cortas centra el proceso utilizando el concepto de familia de productos para aumentar el número de muestras, mediante la combinación de valores diferentes en el proceso común. Se identifican cuáles son aquellos productos que tienen una similitud dentro del proceso para crear las familias y cada familia tendrá su carta de control correspondiente [1].

3 Descripción del Problema

Una empresa localizada en Hermosillo Sonora, se dedica a la manufactura de cajeros automáticos y kioscos, entre otros productos. La producción de esta compañía es en lotes pequeños y actualmente no se cuenta con un plan sobre el control de la calidad. Dentro de los procesos están el de corte de lámina, por medio de una cizalla y una punzonadora, después las láminas ya cortadas pasan al área de doblado donde con una dobladora se hacen los dobles necesarios para después pasar a la soldadura, se suelda por medio de soldadura MIG. El siguiente paso es detallar las piezas para después pintarlas, a continuación ensamblar las partes y por último integrar los sistemas eléctricos y electrónicos. En la figura 1 se muestra el diagrama del proceso de la compañía.

De todos los procesos anteriores, se escogerá el que cuenta con mayor número de quejas por parte de calidad. El proceso de soldadura reporta un 53% de los problemas de calidad, problemas como por ejemplo: que las piezas estén descuadradas, que no se suelde como corresponde a las especificaciones. Esto trae pérdidas, como los re-trabajos o generación de *scrap*. Por lo que la empresa busca, con una expectativa conservadora, reducir los defectos del proceso de soldadura en un 15% [3].

Al implementar CEP en corridas cortas de producción para el control de calidad se busca reducir la variabilidad del proceso para eliminar los defectos que se presentan. Se hará el análisis correspondiente para determinar qué tipo de gráfico es el adecuado para estudiar el proceso, ya sea gráficos de control por variables o por atributo.

El trabajo de tesis que se pretende desarrollar es para diseñar y aplicar las cartas de control adecuadas que mantengan bajo control la variabilidad del proceso para reducir los defectos.

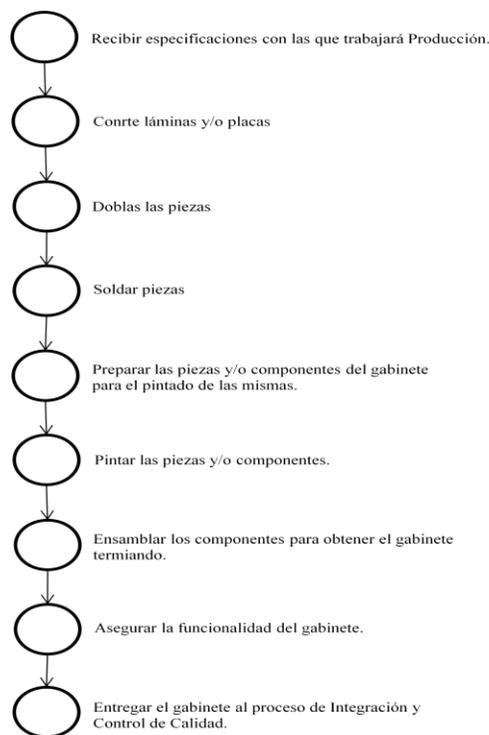


Fig. 1. Actividades del proceso.

4 Desarrollo de la solución

Como se mencionó anteriormente, el proceso crítico es el de soldadura, porque representa el 53% de los problemas de calidad. Estos datos se detectaron al analizar los procesos utilizando diferentes herramientas de calidad como los histogramas, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, entre otros. Se tienen que identificar las variables importantes del proceso, así como, desarrollar la estrategia de control de calidad con corridas cortas de producción. Esto se hará con el control estadístico de proceso con corridas cortas de producción utilizando cartas de control por variables, porque en este caso en específico las cartas de control para atributos no pueden ser utilizadas. La estimación de los parámetros del producto o proceso se tienen que definir para diseñar adecuadamente la carta de control que se utilizará en el proceso crítico. De esta manera, se podrá monitorear el comportamiento.

Se busca proponer mejoras en los procesos de control de calidad. Cuando el volumen de producción no sea el indicado para utilizar las cartas de control tradicionales, el control

de la calidad se hará a través de la implementación de las cartas de control modificadas mencionadas anteriormente. Construiremos una carta de control específicamente para la parte del proceso en particular que se quiere controlar, usando las características que se enfoquen en dicho proceso, que nos ayuden a eliminar las causas que afectan severamente a las características del proceso. Se planea realizar una corrida piloto en donde se lleve a cabo la aplicación de las cartas de control para este proceso, en donde se analizarán los resultados y podremos constatar si las cartas diseñadas para el proceso de soldadura son las indicadas para poder controlar el proceso.

5 Resultados

Como la empresa no utiliza cartas de control para el monitoreo del comportamiento de los procesos, no se tiene el conocimiento de cuál es el estado actual del proceso. Por lo tanto, como una primera meta conservadora, la empresa espera que con la aplicación de las cartas de control modificadas se reduzca considerablemente las fallas en un 15%. Con la información recabada de todos los productos, se tendrá al alcance la información de los productos cuando sea necesario. Los métodos de control estarán enfocados en el proceso. Como la variabilidad del proceso no solo afecta a un producto, con la implementación de las cartas de control modificadas se espera una considerable mejora en todas las partes que pasen por ese proceso bajo control.

6 Conclusiones

En base a la literatura revisada al formar familias de productos nos ayudará a aplicar exitosamente las cartas de control para las corridas cortas de producción [4]. Con este proyecto de investigación buscamos constatar que al modificar las cartas de control tradicionales, utilizando las características específicas de los procesos de producción, se puede monitorear el comportamiento del proceso y de esta forma detectar las anomalías que aparezcan durante la producción.

7 Referencias

1. Griffith G. K. (1996). *Statistical Process Control Methods for Long and Short Runs*. ASQ Quality Press. Milwaukee, Wisconsin.
2. Montgomery D. C. (2006). *Control Estadístico de la Calidad*. LimusaWiley. México.
3. Durazo R., (2011), comunicación personal, abril 2011.
4. Zhu Y. D., Wong Y. S., Lee K. S., (2007). Framework of a computer aided short-run SPC planning system. *Int J AdvManufTecnol.* 34, pp. 362-377.

Actualización de un sistema de Control Numérico Computarizado por medio de la comparación de códigos de programación

Carolina Lugo Zúñiga¹ y Germán Alonso Ruiz Domínguez²

¹ Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Hermosillo, carolinalugo@ith.mx.

² División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo
gruiz@ith.mx

Abstract. En un ambiente globalizado, es conocido el hecho de que la competitividad se ha enfocado cada vez más, a la tecnología de alta precisión. En el rubro de la industria automotriz y sus empresas satélites, se requiere precisión al fabricar piezas metálicas. México, un país en vías de desarrollo, presenta el uso incipiente de las máquinas-herramientas de CNC. Este uso significa alto costo de maquinaria y equipo, puesto que significa la utilización de tecnología de punta. Dentro del contexto anterior, en el Instituto Tecnológico de Hermosillo, a más de una década y media, se adquirió una fresadora de control numérico que por el poco mantenimiento preventivo y a las reparaciones incompletas dejó de funcionar correctamente. La comparación de los comandos de programación de dos controles servirá para desarrollar un nuevo control. En un futuro, este trabajo puede ser extensivo a los Institutos Tecnológicos que presenten la misma situación.

Keywords: Manufactura Integrada por Computadora, Control Numérico Universal, Control Numérico Computarizado.

1 Introducción

Cada vez, se busca mayor y mejor tecnología que facilite desde las actividades más simples hasta las actividades más complejas del ser humano. La industria automotriz se desenvuelve en el ambiente globalizado. Por ello, no escapa de buscar esta mejoría y avances tecnológicos. Uno de los factores importantes que fungieron como detonador para desarrollar este trabajo fue el lanzamiento del proyecto CD3XX desarrollado por la empresa Ford Motor Company en el mes de agosto del año 2005 en la capital de Sonora. En la cadena de suministro de Hermosillo Stamping and Assambly Plant (HSAP) fueron necesarias la fabricación de piezas metálicas y moldes con especificaciones de mayor precisión y exactitud. Las industrias locales de maquinado convencional manejan precisión y exactitud en sus piezas, pero con el uso del *control numérico computarizado* (CNC) se pueden obtener resultados de mayor calidad y en un tiempo de maquinado

considerablemente menor. En el área de CNC, es necesaria la aplicación de los códigos de programación para el programa de maquinado sea ejecutado eficazmente. Atendiendo esta nueva demanda, las empresas locales empiezan a adquirir maquinaria CNC para el maquinado de estas piezas. La operación de esta maquinaria requiere personal capacitado, la implementación de conocimientos técnicos sobre los procesos de fabricación. Es decir, contar con mano de obra especializada sobre dichos espacios involucrando la automatización de procesos productivos y la utilización del control numérico computarizado, las Instituciones de Educación Superior no deben quedarse atrás en el ámbito tecnológico. En este sentido, deben mostrar interés por capacitar al estudiante sobre el tema de Control Numérico Computarizado, Por ejemplo, para principios de la década de los 90s, el Instituto Tecnológico de Hermosillo, ya había adquirido una centro de maquinado didáctico CNC, modelo VMC-100 para el Laboratorio de Ingeniería Industrial, que se muestra en la figura 1, utilizado en prácticas de licenciatura y de posgrado de Ingeniería Industrial. La alta frecuencia de uso, el escaso mantenimiento preventivo y las reparaciones incompletas, ocasionaron que dicha máquina dejara de funcionar adecuadamente.



Fig. 1 Fresadora CNC Modelo VMC-100

A raíz de lo anterior, se decidió emprender el proyecto que en forma general abordara la reconversión de la máquina de control numérico existente, cambiarle el control y adaptarle uno nuevo. La estrategia elegida es por medio de la comparación con el sistema de control de una fresadora más actualizada, como lo es el modelo Concept Mill 155 de la marca EMCO®, contra el sistema de control de la fresadora de la investigación, modelo VMC-100 de la misma marca. En una consulta con un proveedor nacional de maquinaria, éste emitió un reporte de que el centro de maquinado CNC ya es un modelo discontinuado. Además se menciona que debido a su la naturaleza de la máquina, y en base a los requerimientos sobre la adquisición de las refacciones necesarias para su puesta en marcha, se emitió la sugerencia de que la reactivación y la reconversión de esta maquinaria sería más factible realizarlas por medios propios o por parte del tecnológico que mediante la compra de un control desarrollado por un proveedor externo.

Por lo tanto, uno de los propósitos primordiales en este proyecto es el realizar el desarrollo e implementación del sistema de control y software, utilizando programas de uso cotidiano en el ambiente universitario. Como parte de las actividades dentro de la estrategia de reconversión, se realizó la pesquisa para obtener un *catálogo de tecnológicos* donde se indagó directamente con personal encargado de los laboratorios de los Institutos Tecnológicos, sobre el estado de la maquinaria de sus institutos. Lo anterior

principalmente de los tecnológicos de los Estados de Chihuahua, Baja California Norte, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora, ya que se tiene mayor contacto con dichos tecnológicos. Se indagó sobre el número de máquinas CNC y/o celdas de Manufactura Integrada por Computadora (CIM) existentes; tipo de máquina CNC (torno, fresadora, rectificadora, etc.); área o lugar(es) dentro del tecnológico dónde se ubica(n) la(s) máquina(s); si actualmente se encuentra(n) en operación la máquina CNC y/o CIM y por último, el número de personal que opera la máquina CNC y/o CIM. La investigación arrojó por ejemplo que la fresadora CNC en el Instituto Superior de Cananea tiene problemas en una tarjeta y donde el Instituto Tecnológico de Cajeme, Instituto Tecnológico de Nogales y Instituto Tecnológico de Parral tienen la particularidad de que el CIM no ha funcionado integrado o no se encuentra operando.

De esta forma, el objetivo general que se desprende de la realización de esta investigación es desarrollar tecnología a bajo costo con la reconstrucción de una fresadora de CNC. Como objetivos específicos relevantes se tiene el desarrollar un nuevo sistema de control para la fresadora y desarrollar un nuevo sistema informático para que el usuario controle la fresadora. Por lo tanto, la estructuración de estos códigos en un programa de control numérico, así como la enseñanza y comprensión de dichos códigos está más allá del alcance de este artículo.

2 Marco teórico

En [1] CNC se define como “el mando de una computadora sobre una máquina-herramienta, ello a través de una secuencia de pasos de procesamiento definidos por la instrucción de programas”. Ahora bien, el CNC se origina gracias al proyecto de la automatización de una fresadora, por los años cincuenta en el Instituto Tecnológico de Massachussets. El Control Numérico es una forma de automatización programable, en la cual, los equipos de procesamiento son controlados por medio de letras, números y otros símbolos. El CNC se utiliza principalmente para desarrollar trabajo repetitivo y con largos períodos de tiempo, o cuando se requiere una alta precisión en los procesos. Los procesos naturales para la automatización con CNC, son los procesos de maquinado de metales. En dichos procesos, las piezas se realizan cuando una herramienta se monta en un portaherramientas y se mueve en referencia a la pieza para realizarle cortes, desbastes, acabados, cilindrados, taladrados, entre otras operaciones. En las actividades de maquinado tradicional o convencional, los operadores proveen la energía para mover los carros en donde está montada la herramienta y dirigirla hacia la pieza. En los sistemas de Control Numérico Computarizado, en vez de fuerza humana, es un sistema de control electrónico que hace esta tarea y controla una diversidad de servomotores, sensores y dispositivos de desplazamiento para realizar la misma tarea que un humano. La diferencia entre una máquina manual y una de control numérico computarizado es que esta última realiza movimientos automáticos. Una vez programada la máquina, ésta ejecuta por sí misma las operaciones. Al referirse a la programación, se entiende por el uso de códigos numéricos que ordenan el movimiento. El conjunto de órdenes que siguen una secuencia

lógica constituyen un programa. Realizando la programación adecuada es posible realizar diferentes maquinados como simples ranuras, acabados superficiales, una cavidad irregular, entre mucho otros.

Ubicándonos en el funcionamiento de una fresadora, ilustrado en la figura 2, éste se define como el proceso de manufactura por arranque de viruta, mediante el cual se maquinan piezas con diversas formas y dimensiones, efectuado por una herramienta llamada fresa. La fresa es una herramienta multicorte, o sea, contiene varios filos de cortes colocados alrededor de una circunferencia.

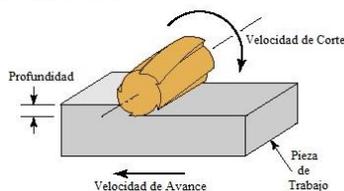


Fig. 2 Maquinado por fresadora CNC según [1].

Así mismo, cabe mencionar que la arquitectura general del sistema de control de una máquina de CNC, ilustrada en la figura 3; muestra los elementos que constituyen el CNC en lazo abierto.



Fig. 3 Sistema de Control Numérico según [2].

Enfocándonos en el sistema de software, éste tiene como objetivo fundamental tomar la información suministrada por un programa de diseño gráfico, filtrarla y convertirla en órdenes de movimiento relativo, que se suministran al microcontrolador. Según [2] la arquitectura de un sistema de control numérico de lazo abierto se define como se muestra en la figura 3. El sistema está compuesto de tres elementos. El primero es el sistema mecánico, se establecen los diferentes desplazamientos de los carros de la máquina-herramienta, están los motores y los mecanismos de transmisión para trasladar los movimientos de los motores a los carros. El segundo es el sistema electrónico, que permite el control del movimiento de los motores por medio de un circuito de control que sincroniza y gobierna el movimiento de los motores. Finalmente, el sistema del software, que permite al usuario interactuar con el control numérico para darle instrucciones y programar el sistema. Como resultado de la evolución tecnológica, se han tratado de desarrollar equipos de control numérico. Sin embargo, los sistemas propietarios de compañías no permiten la estandarización de comandos. Un ejemplo se puede visualizar en los trabajos realizados por [3], en donde se trata de establecer especificaciones de una

arquitectura de referencia independiente de un robot, para sistemas de control abiertos, ver figura 4. El resultado del proyecto en [3] es la definición de una base común para todo tipo de sistemas de automatización, y está abierta para la integración de nuevas funcionalidades así como para el uso de nuevos equipos de cómputo.



Fig. 4. Arquitectura OSACA abierta [3].

En otras investigaciones desarrolladas para generar sistemas de control numérico, [4] muestra la implementación y descripción del diseño de un torno de control numérico construido localmente, describiéndose además la interfaz gráfica que facilita la interrelación del usuario (diseñador) con el sistema de Diseño Asistido por Computadora (CAD). También se encuentra el trabajo desarrollado por [5] sobre la reconversión de un torno convencional Monarch Machine Tool desarrollando el llamado Control Numérico Universal (CNU). Dicho CNU está enfocado específicamente a las Pymes. En [6] se presenta el desarrollo de una ruteadora CNC experimental con arquitectura paralela. El prototipo experimental funcional fue desarrollado en la Universidad Nacional de Colombia en base a la máquina "ORTHOGLIDE" desarrollada en la Universidad de Nantes, Francia. En [7] la estructura de un programa de CNC está conformada por una serie de secuencias y funciones donde se van programando las tareas a realizar por la máquina, de acuerdo a los parámetros de la pieza y las condiciones tecnológicas de su maquinado.

3 Materiales y Métodos

Como parte de los materiales utilizados dentro del presente trabajo se tienen los manuales de operación y programación del centro de maquinado VMC-100 y el Concept Mill 155. [8] y [9]. Cabe mencionar que dicha información fue almacenada en una base de datos utilizando el programa Microsoft Excel®, en donde la información recabada comprende los rubros de número, comando, significado de comando en VMC-100, significado de comando en Concept Mill 155, similitud o igualdad de comandos, sintaxis en VMC-100, sintaxis en Concept Mill 155 y anexos de la información como imágenes o ilustraciones recabadas en los manuales de programación consultados. Como parte de la metodología desarrollada se realizó el diagnóstico de la máquina para saber el estado mecánico de la fresadora CNC. Además, se realizó un inventario de partes, dicho inventario se muestra en

la tabla 1 en donde indican los resultados obtenidos. Lo anterior sirvió también para conocer y abordar las áreas de oportunidad para el re-equipamiento de la máquina.

Tabla 1. Resumen de inventario de máquina fresadora de CNC

No. Módulo	Módulo	Existencia	Faltantes	Inexistente
1	Motor	x		
2	Tablero		x	
3	Equipo neumático	x		
4	Accesorios líquido refrigerante			x
5	Base de control		x	
6	Herramienta de equipo básico			x
7	Mesa de fresado (Eje Y)	x		
8	Dispositivo vertical (Eje Z)	x		
9	Piñón, engranes y palanca de sujeción	x		
10	Puerta	x		
11	Carcasa	x		
12	Complemento base de máquina	x		
13	Boquilla del cortador (Accesorio)	x		
14	Glorieta de la fresa (Accesorio)		x	
15	Agarradera de collar (Accesorio)		x	
16	Porta machos (Herramienta)	x		
17	Tornillo de banco			x

Claramente se muestra el reporte faltante de la tarjeta controladora de gráficos, abrazaderas de la base de control y accesorios como glorieta de la fresa y agarradera de collar (llaves pequeña y grande).

4 Resultados

Existe una amplia gama de códigos de programación en la fresadora modelo VMC-100. Por mencionar los códigos básicos se tienen G00, G01, G02, G03, G17, G18, G19, G25, G26, G33, G40, G41, G42, G70, G71, G90, G91, G94, M00, M03, M04, M05, M06, M09, M17, M02 y M30. Por cuestiones de espacio, en este trabajo solamente se definen a manera de ilustración tres códigos G y tres códigos M, con sus respectivos códigos análogos si este fuera el caso. Los comandos y parámetros de programación que a continuación se presentan son el resultado de la investigación realizada sobre la comparación de funcionalidad de dichos códigos de programación entre el modelo VMC-100 y modelo Concept Mill 155. Para que el nuevo control desarrollado, contenga dicha codificación. “N” significa bloque o renglón en el programa de CNC.

a. Código G00 Marcha o carrera rápida (comportamiento de posicionado)

Descripción: Sólo se escriben las coordenadas de X, Y, Z.

Sintaxis: [N... G00/X±.../Y±.../Z±...]

En donde:

Las coordenadas de los ejes se muestran en la sintaxis por medio de 3 puntos suspensivos.

X: Eje lineal paralelo al frente de la máquina,

Y: Eje lineal,

Z: Eje lineal vertical (cabezal fresador)

b. Código G01 Interpolación lineal o Recorrido de mecanización

Sintaxis: [N... G01/X±.../Y±.../Z±...]

X: Eje lineal paralelo a frente de la máquina,

Y: Eje lineal,

Z: Eje lineal vertical (cabezal fresador),

F: Velocidad de avance.

c. Códigos G02/G03 Interpolación circular

(G02) Interpolación circular a derechas u horario /

(G03) Interpolación circular a izquierdas u antihorario

Sintaxis:

[N.../G02/X±.../Y±.../I±.../J±.../F...]y

[N.../G03/X±.../Y±.../I±.../J±.../F...]

En donde:

N: Número de bloque o renglón

X: Eje lineal paralelo al frente de la máquina,

Y: Eje lineal,

Z: Eje lineal vertical (cabezal fresador).

I: Interpolación circular, coordenada del centro del círculo.

J: Interpolación circular, coordenada del centro del círculo.

F: Velocidad de avance.

d. Código M00 Paro programado o parada programada

Descripción: Es cuando el maquinado se detiene o para su curso de acción.

Sintaxis: [N... M00]

e. Código M03 Husillo conectado en el sentido horario o cabezal ON a derechas

Descripción: Husillo conectado en el sentido horario o cabezal ON a derechas.

Sintaxis: [N... M03 S...]

S: Velocidad del husillo.

Nota: El código M04 significa husillo conectado en el sentido antihorario o cabezal ON a izquierdas y se escribe de manera similar a M03.

f. Código M08 Refrigerante conectado

Descripción: Refrigerante conectado (abrir el chorro de refrigerante) o refrigerante ON

Sintaxis: [N... M08]

El código M09 significa refrigerante desconectado y se escribe igual al código M08.

5 Conclusiones

En base a la investigación y el trabajo realizado, se concluye que es posible integrar comandos gracias a la compatibilidad de software. Se puede dar seguimiento a dicha interacción con el desarrollo de un software que permita la interacción entre el usuario y la fresadora CNC, utilizando medios propios. También la información obtenida puede utilizarse como referencia en capacitaciones de CNC a nivel universitario como a nivel industrial. Este trabajo puede marcar la pauta para futuras comparaciones de programación CNC en otras máquinas similares. Son muchos los trabajos futuros y proyectos que se puedan derivar de este, pues en algunos casos se trata de mejorar u optimizar lo construido y en otros, de utilizar el sistema para aplicaciones académicas y didácticas. El desarrollo de esta tecnología propia, permitirá reproducirla para lograr reconversiones similares en las máquinas CNC adquiridas en los diferentes Institutos Tecnológicos anteriormente mencionados.

6 Referencias

- [1] Groover, M.P., Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing, Third Edition, Prentice Hall, NY, USA, (2008)
- [2] Chang, T.C., Wysk, R., Wang, H.P., Computer-Aided Manufacturing, Prentice-Hall (2006)
- [3] OSACA, (1998), "Open System Architecture for Controls within automation Systems, result activities relaters", Switzerland, Set. disponible en <http://www.scielo.br/pdf/jbsms/v24n3/v24n3a9.pdf>, visitado el 24 de febrero de 2011.
- [4] Londoño Ospina, N., León Simanca, P., Álvarez Díaz, J., Marín Zapata, E., (2005), "Descripción del diseño y construcción de un torno de control numérico", Ingeniería y Ciencia, Vol. 1, No. 2, pp. 41-51.
- [5] Ramírez Cadena, M. J., Jiménez Pérez, A., Molina Gutiérrez, A., (2007), Tecnología de CNC a bajo costo para la automatización de la pequeña y mediana empresa de países en vías de desarrollo", 8avo Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, Cusco, Perú, 23 al 25 de Octubre de 2007.
- [6] García Barbosa, J.A., Córdova Nieto, E., "Tecnología CNC aplicada a una ruteadora experimental", (2006)
- [7] González Murillo, A., (2007), <http://www.foindesa.com/dtfoindesa/images/Implementaci%F3n%20de%20CNC%20en%20m%20El%20quinas%20de%20la%20empresa%201.pdf>, visitado el 26 de febrero de 2011.
- [8] EMCO Manual de Programación EMCOTRONIC TM02 DC 5.10. Fresado, Edición 91-5, Ref. no. SP7 776.
- [9] EMCO Manual de Programación WinNC SINUMERIK 810D/840D © fresado, descripción del software / versión de software desde la 15.46, n°. Ref. SP 1814, edición E2003-5.



ISBN 978-0-578-09609-4