

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora

Volumen 4



Editor:

Dr. Alonso Perez-Soltero

Co-editores:

Dr. Mario Barcelo-Valenzuela

Dr. Oscar Mario Rodríguez-Elias

Dr. Germán Alonso Ruíz-Domínguez

Dra. Erica Cecilia Ruiz-Ibarra

Dr. Ramón René Palacio-Cinco



ISBN: 978-0-578-15472-5

ISBN: 978-0-578-15472-5

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora

Volumen 4

Editor

Dr. Alonso Perez-Soltero

Co-editores

Dr. Mario Barcelo-Valenzuela

Dr. Oscar Mario Rodríguez-Elias

Dr. Germán Alonso Ruíz-Domínguez

Dra. Erica Cecilia Ruiz-Ibarra

Dr. Ramón René Palacio-Cinco

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora

Volumen 4

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

Editor:

Dr. Alonso Perez-Soltero

Co-editores:

Dr. Mario Barcelo-Valenzuela

Dr. Oscar Mario Rodríguez-Elias

Dr. Germán Alonso Ruíz-Domínguez

Dra. Erica Cecilia Ruiz-Ibarra

Dr. Ramón René Palacio-Cinco



Maestría en
Sistemas Industriales



Posgrado en
Ingeniería Industrial



Maestría en Ingeniería
en Logística y Calidad
Maestría en Ciencias
de la Ingeniería
Maestría en Ingeniería
en Administración de la Construcción
Maestría en Administración
de las Tecnologías de Información
Maestría en Ingeniería en Sistemas

Octubre de 2014

ISBN: 978-0-578-15472-5

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora,
Volumen 4

Resultados del Cuarto Simposio sobre:

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora.

Editor: Dr. Alonso Perez-Soltero

Coeditores: Dr. Mario Barcelo-Valenzuela, Dr. Oscar Mario

Rodríguez-Elias, Dr. Germán Alonso Ruíz-Domínguez, Dra. Erica

Cecilia Ruiz-Ibarra, Dr. Ramón René Palacio-Cinco,

16-17 de Octubre de 2014,

División de Ingeniería

Universidad de Sonora

Posgrado en Ingeniería Industrial

División de Ingeniería

Universidad de Sonora

Maestría en Sistemas Industriales

División de Estudios de Posgrado e Investigación

Instituto Tecnológico de Hermosillo

Maestría en Ingeniería en Logística y Calidad

Maestría en Ciencias de la Ingeniería

Maestría en Ingeniería en Administración de la Construcción

Maestría en Administración de las Tecnologías de Información

Maestría en Ingeniería en Sistemas

Instituto Tecnológico de Sonora.

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora,
Volumen 4
2014: Hermosillo, Sonora (México).
Resultados del Cuarto Simposio sobre:
Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora.
Editor: Dr. Alonso Perez-Soltero
Coeditores: Dr. Mario Barcelo-Valenzuela, Dr. Oscar Mario
Rodríguez-Elias, Dr. Germán Alonso Ruíz-Domínguez, Dra. Erica
Cecilia Ruiz-Ibarra, Dr. Ramón René Palacio-Cinco,
16-17 de Octubre de 2014,
Hermosillo, Sonora: Universidad de Sonora
2014.
307 Páginas
1 disco Compacto: il. ; 4 $\frac{3}{4}$ plg.
ISBN: 978-0-578-15472-5

D.R. © 2014 División de Ingeniería,
Posgrado en Ingeniería Industrial,
Universidad de Sonora
Blvd. Luis Encinas y Rosales
Col. Centro
Hermosillo, Sonora, México
C.P. 83000
ISBN: 978-0-578-15472-5

El presente libro constituye un reporte de los trabajos que fueron presentados como resultado del Cuarto Simposio de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, organizado por el Posgrado en Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora, la Maestría en Sistemas Industriales del Instituto Tecnológico de Hermosillo, la Maestría en Ingeniería en Logística y Calidad, la Maestría en Ciencias de la Ingeniería, la Maestría en Ingeniería en Administración de la Construcción, la Maestría en Administración de las Tecnologías de Información y la Maestría en Ingeniería en Sistemas del Instituto Tecnológico 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

Universidad de Sonora

Dr. Heriberto Grijalva Monteverde
Rector

Dr. Enrique Fdo. Velázquez Contreras
Secretario General Académico

M.C. María Magdalena González Agramón
Secretario General Administrativo

Dra. Arminda Guadalupe García de León Peñúñuri
Vicerectora Unidad Regional Centro

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

Dr. Ricardo Alberto Rodríguez Carvajal
Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial



Instituto Tecnológico de Hermosillo

M.C.E Carmen Adolfo Rivera Castillo
Director

Dra. Martha Esthela Díaz Muro
Subdirectora Académica

L.E.F. Myrna Myriam Cervantes Encinas
Subdirectora Administrativa

M.A. María de los Ángeles Carrillo Atondo
Subdirectora de Planeación

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



Instituto Tecnológico de Sonora

Dr. Isidro Roberto Cruz Medina
Rector

Dr. Jesús Héctor Hernández López
Vicerrector Académico

Dr. Joaquín Cortez González
Director de la División de Ingeniería y Tecnología



Comité Organizador

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
 Dr. Víctor Hugo Benítez Baltazar

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

Dr. Germán Alonso Ruíz Domínguez (Presidente)
 Dr. Enrique Javier de la Vega Bustillos (Secretario)
 Dra. María Trinidad Serna Encinas
 Dr. Oscar Mario Rodríguez Elías
 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

Núcleo de Posgrado de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería del
Instituto Tecnológico de Sonora

Dr. Miguel Angel Bernal Reza (Responsable de Programa)
 Dra. Érica Cecilia Ruiz Ibarra
 Dr. Joaquín Cortez Gonzalez
 Mtro. Adolfo Espinoza Ruiz
 Dr. Adolfo Soto Cota
 Dr. Ramón René Palacio Cinco

Núcleo de Posgrado de la Maestría en Administración de las Tecnologías de
Información del Instituto Tecnológico de Sonora

Mtro. Ivan Tapia Moreno (Responsable de Programa)
 Mtro. Jesús Antonio Gaxiola Meléndrez
 Mtro. Adrian Macías Estrada
 Dra. Elsa Lorena Padilla Monge

Núcleo de Posgrado de la Maestría en Ingeniería de Sistemas del Instituto
Tecnológico de Sonora

Mtro. Gilda María Martínez Solano (Responsable de Programa)
 Mtro. Mauricio López Acosta
 Mtro. Jorge Guadalupe Mendoza León
 Mtro. Aarón Fernando Quiros Morales

Colaboradores en logística del evento

Ing. Javier Enrique Grijalva García
 Ing. Patricia Shihemy Carrillo Villafaña
 Ing. Ramón Vicente Armas Flores
 Ing. Elberth Andrés Enríquez Montoya
 Ing. Rodolfo Iván Nuñez Acosta

Comité Técnico

M.C. Carlos Anaya Eredias
Dr. Mario Barceló Valenzuela
Dr. Víctor Hugo Benítez Baltazar
M.C. Guillermo Cuamea Cruz
Dr. Jaime Alfonso León Duarte
Dr. José Lozano Taylor
Dra. María de los Ángeles Navarrete Hinojosa
M.C. René Navarro Hernández
Dr. José Luis Ochoa Hernández
Dr. Jaime Olea Miranda
Dr. Alonso Pérez Soltero
Dr. Gerardo Sánchez Schmitz
Dr. Jorge Taddei Bringas
Dr. Ignacio Fonseca Chon
Dr. José Antonio Hoyo Montaña
M.C. Cesar Enrique Rose Gómez
Dr. Germán Alonso Ruíz Domínguez
Dr. Enrique de la Vega Bustillos
Dr. Joaquín Cortez González
Mtro. Adolfo Espinoza Ruíz
Dr. Ramón René Palacio Cinco
Dr. Luis Felipe Rodríguez Torres
Dra. Érica Cecilia Ruíz Ibarra

Prefacio

Este libro contiene los trabajos presentados en el *Cuarto Simposio de Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, organizado entre el profesorado del Posgrado en Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora; de la Maestría en Sistemas Industriales del Instituto Tecnológico de Hermosillo; de la Maestría en Ingeniería en Logística y Calidad, de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería, de la Maestría en Ingeniería en Administración de la Construcción, de la Maestría en Administración de las Tecnologías de Información y de la Maestría en Ingeniería en Sistemas del Instituto Tecnológico de Sonora; tomando como base, el aprendizaje, las experiencias y la retroalimentación obtenida de los simposios realizados en 2011, 2012 y 2013.

Entre las funciones sustantivas de las instituciones de educación superior se encuentran la de realizar investigación y vincularse con la sociedad, su cultura y el desarrollo. El objetivo de este simposio cumple con esas funciones, al 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 las instituciones participantes, dentro de las áreas relacionadas con los diferentes programas de posgrado. 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 básica y/o aplicada, ya sea con o sin financiamiento.

Este simposio es un medio 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 fortalecer la vinculación y colaboración.

En este cuarto simposio se presentaron un total de 34 trabajos, donde 18 corresponden a reportes de resultados, mientras que los restantes 16 son reportes de avances parciales de proyectos de tesis de posgrado. Dichos trabajos abarcan diversas áreas de la ingeniería y han sido clasificados en 8 áreas: I) *Sistemas de Producción*, II) *Ergonomía y Seguridad Industrial*, III) *Ingeniería Industrial*, IV) *Gestión del Conocimiento*, V) *Métricas, Mediciones y Metrología*, VI) *Ingeniería de Software*, VII) *Automatización y Control* e VIII) *Inalámbricos*. 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 cuarto 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 cuarto volumen.

Dr. Alonso Perez-Soltero

Índice de Contenido

Pag.

A.- Resultados de Investigación

<i>Diagnóstico de Flujo del Área de Ensamble Final de la Planta Ford de Estampado y Ensamble de Hermosillo, Sonora, México, Luis Felipe Romero Dessens, Christian Rafael Méndez Aréchiga</i>	1
<i>Aplicación de un Diseño de Experimentos 2^k para la Optimización de un Proceso de Moldeo por Inyección, Gloria Paola Ortiz Espinoza, Carlos Anaya Eredias, Gilberto Ortiz Suárez, Pedro David Sánchez Pérez</i>	11
<i>Propuesta y Aplicación Metodológica para Mejorar la Calidad de un Componente en un Proceso de Moldeo por Inyección, José Lozano-Taylor, Florencio-Guadalupe Ramírez-Ramírez, Xuewen Lu</i>	21
<i>Rediseño del Flujo de Materiales en los Procesos de Recepción y Ubicación en un Almacén de Materias Primas, Luis Felipe Romero Dessens, Pedro David Sánchez Pérez, Johana Esthela Salcido Montoy, Fausto Jerez León, Gloria Paola Ortiz Espinoza</i>	37
<i>Impacto de las Políticas y Estrategias de Operación en los Procesos de Recepción y Ubicación en un Almacén, Luis Felipe Romero Dessens, Pedro David Sánchez Pérez, Johana Esthela Salcido Montoy, Fausto Jerez León, Gabriel Domínguez Mendoza</i>	52
<i>Implementación de Ayudas Visuales para el Área de Manufactura, Katia Melina Olivares-Corral, Mauricio López-Acosta, Gilda María Martínez-Solano Jesús Enrique Sánchez-Padilla, Luis Carlos Montiel-Rodríguez</i>	62
<i>Análisis Causa Raíz a una No Conformidad en un Proceso de Fabricación de Papel y Cartón Corrugado, Rodolfo Cota Borbón, Jorge G. Mendoza León, Aarón F. Quirós Morales, Rafael López Zazueta, Rubén Varela Campos</i>	71
<i>Implementación de un Programa de Gestión de Riesgos Ergonómicos para la Mejora en Centros de Trabajo, Anahi Luque-Acuña, Jaime Alfonso León-Duarte, Arnulfo Aurelio Naranjo-Flores</i>	84
<i>Instauración de un Sistema de Administración en Seguridad y Salud en el Trabajo en un Molino Harinero, Krisbel Berenice López-Bajo, Amina Marín-Martínez, René Daniel Fornés-Rivera</i>	94
<i>Rediseño del Sistema de Gestión de Almacenes de Empresas Comercializadoras, Jaime Alfonso León-Duarte, Carmen Gisselle Viramontes-García</i>	122
<i>Diagnóstico sobre las Actividades de Logística Inversa en PYMES del Municipio de Cajeme para Proponer Alternativas que Generen una Ventaja Competitiva, María Paz Guadalupe Acosta-Quintana, Jorge Arturo Palomares-Mendoza, Arnulfo Aurelio Naranjo-Flores, Sandra Armida Peñuñuri-Gonzalez y Martha Rosas-Salas</i>	133

<i>Construcción de un Modelo de Lógica Difusa para Validación de Perfiles de Conocimiento de Personal</i> , Jorge A. Rosas-Daniel, Oscar M. Rodríguez-Elias, María de J. Velazquez-Mendoza, Cesar E. Rose-Gómez	170
<i>Evolución de Necesidades de Conocimiento para Ingenieros de Software</i> , Leonel Ulises Ortega-Encinas, Oscar Mario Rodríguez-Elías, Ignacio Fonseca-Chon, José Miguel Rodríguez-Pérez, Sonia Regina Meneses-Mendoza.....	182
<i>Una Estrategia para Gestionar el Conocimiento: Caso Empresa Comercializadora</i>, Alonso Perez-Soltero, Ana Gabriel Zavala-Guerrero, Mario Barcelo-Valenzuela, Gerardo Sanchez-Schmitz	193
<i>Clasificación y Recuperación Automática de Fuentes de Conocimiento</i> , Miguel Ángel Romero-Ochoa, Mario Barceló-Valenzuela, Gerardo Sánchez-Schmitz, Alonso Pérez-Soltero	208
<i>Evaluación de un Sistema con Soporte a los Inicios de Interacción Informados en el Desarrollo de Software</i> , Consuelo Esperanza Álvarez-Sánchez, Ramón René Palacio-Cinco, Carlos Jesús Hinojosa-Rodríguez, Joaquín Cortez-González	237
<i>Desarrollo de un Módulo Domótico para el control del riego de Jardín en Viviendas de la Región</i> , Karina García-Gutiérrez, Erica Cecilia Ruiz-Ibarra, Adolfo Espinoza-Ruiz, Joaquín Cortez-González, Armando García-Berumen, Ramón René Palacio-Cinco	266
<i>Sistema de Monitoreo de Temperatura de Pacientes Pediátricos y Geriátricos</i> , Joel Ruiz-Ibarra, Lorenia Cantú-Ballesteros, María Guadalupe Sánchez-Cuellar, Claudia Rojas-Vásquez, Luz Elena Molina-Gil	282

B.- Avances de Investigación

<i>Desarrollo de un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones que Eleve la Eficiencia de la Logística de Recuperación y Distribución de Productos Hortofrutícolas en Campos de Hermosillo.</i> , Luis Felipe Romero Dessens, Juan Martin Preciado Rodríguez, Rodolfo Iván Núñez Acosta.....	104
<i>Propuesta de Diseño de Componentes y Mecanismos para un Dispositivo de Prototipado Rápido</i> , José Sergio López-Bojórquez, Germán Alonso Ruiz-Domínguez, Rodolfo Ulises Rivera-Landaverde	110
<i>Propuesta de Validación de Procesos para Impresora 3D</i> , Luz Irazel Ozuna-Dávila, Germán Alonso Ruiz-Domínguez, Rodolfo Ulises Rivera-Landaverde	116
<i>La gestión del conocimiento en la implementación del sistema de gestión de calidad ISO-9000 en una empresa de la industria metalmecánica</i> , Jaime Olea-Miranda, José Alberto Espinoza-Mejía, Alonso Pérez-Soltero.	140
<i>Usabilidad del Sistema de Gestión de Conocimiento en una Consultoría</i> , Alonso Perez-Soltero, José Miguel Lauterio Martinez, Gerardo Sanchez-Schmitz, Mario Barceló-Valenzuela, Ramón Andrés Diaz-Valladares, Heriberto Aja Leyva	146
<i>Sistema para Transferir el Conocimiento: Propuesta para una Empresa Distribuidora de Medicamentos</i> , Mario Barcelo-Valenzuela, Patricia S. Carrillo-Villafaña, Alonso Perez-Soltero, Gerardo Sanchez-Schmitz	152

<i>Propuesta de una Metodología para la Identificación del Conocimiento para la Asignación de Personal a Proyectos de Investigación de una Empresa Farmacéutica</i> , Alonso Perez-Soltero, Javier Enrique Grijalva-García, Mario Barceló-Valenzuela	158
<i>Una Propuesta para Gestionar el Conocimiento Organizacional: Caso CENACE CFE</i>, Mario Barcelo-Valenzuela, Juana Inés Munguía-Ramírez, Alonso Pérez-Soltero, José Palma-Méndez.....	164
<i>Análisis de Defectos en Uniones Soldadas Utilizando el Método de Elementos Finitos para Piezas Manufacturadas en la Industria Aeroespacial</i> , Ricardo Rodríguez-Carvaja, Ricardo Dustan-Benitez	215
<i>Determinación de Parámetros y sus Valores Óptimos para el Proceso de Pulido de Vidrio Mediante la Aplicación del Diseño de Experimentos a un Prototipo de Revolvedora. Caso INTEPPCO</i> , Carlos Anaya Eredias, Cristina Cuevas Hoyos.	221
<i>Diseño de la Arquitectura Propuesta de un Sistema de Monitoreo y Asistencia a la Respiración en Neonatos</i> , Karla Vianney Ramos-García, María Trinidad Serna-Encinas, César Enrique Rose-Gómez, Sonia Regina Meneses-Mendoza	227
<i>Diseño e Implementación de un Sistema Basado en TIC para la Documentación de Procesos. Caso: Área de Control Noroeste de la CFE</i> , Efraín Domínguez-Goycochea, Gerardo Sanchez-Smichtz, Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Pérez-Soltero	233
<i>Propuesta del Diseño y Construcción de un Vehículo Aéreo No Tripulado</i> , Angel Ignacio Ocaña-Benítez, Guillermo Valencia-Palomo, José Antonio Hoyo-Montaño, Rafael Armando Galaz Bustamante.....	247
<i>Diseño de seguidor solar en un sistema de alta concentración para celdas termoiónicas, usando óptica de Köhler.</i> , Christian Dávila-Peralta, Rafael García-Gutierrez, Camilo A. Arancibia-Bulnes, Rafael E. Cabanillas-Lopez, Ricardo Rodriguez-Carvajal ...	253
<i>Propuesta de Diseño de un Banco de Pruebas para el Sistema de Control del Helióstato</i> .., Víctor Hugo Benitez-Baltazar, Cuitlahuac Iriarte-Cornejo, Elberth Andrés Enríquez-Montoya	260
<i>Propuesta para una Red de Sensores Inteligentes para la Comunicación por Radiofrecuencia de un Sistema de Concentración Solar con Tecnología de Torre Central</i> , Víctor Hugo Benítez-Baltazar, Ramón Vicente Armas-Flores	276

Índice de Contenido Temático

	Pag.
I.- Sistema de Producción	
<i>Diagnóstico de Flujo del Área de Ensamble Final de la Planta Ford de Estampado y Ensamble de Hermosillo, Sonora, México</i> , Luis Felipe Romero Dessens, Christian Rafael Méndez Aréchiga	1
<i>Aplicación de un Diseño de Experimentos 2^k para la Optimización de un Proceso de Moldeo por Inyección</i> , Gloria Paola Ortiz Espinoza, Carlos Anaya Eredias, Gilberto Ortiz Suárez, Pedro David Sánchez Pérez	11
<i>Propuesta y Aplicación Metodológica para Mejorar la Calidad de un Componente en un Proceso de Moldeo por Inyección</i> , José Lozano-Taylor, Florencio-Guadalupe Ramírez-Ramírez, Xuewen Lu	21
<i>Rediseño del Flujo de Materiales en los Procesos de Recepción y Ubicación en un Almacén de Materias Primas</i> , Luis Felipe Romero Dessens, Pedro David Sánchez Pérez, Johana Esthela Salcido Montoy, Fausto Jerez León, Gloria Paola Ortiz Espinoza	37
<i>Impacto de las Políticas y Estrategias de Operación en los Procesos de Recepción y Ubicación en un Almacén</i> , Luis Felipe Romero Dessens, Pedro David Sánchez Pérez, Johana Esthela Salcido Montoy, Fausto Jerez León, Gabriel Domínguez Mendoza	52
<i>Implementación de Ayudas Visuales para el Área de Manufactura</i> , Katia Melina Olivares-Corral, Mauricio López-Acosta, Gilda María Martínez-Solano Jesús Enrique Sánchez-Padilla, Luis Carlos Montiel-Rodríguez	62
<i>Análisis Causa Raíz a una No Conformidad en un Proceso de Fabricación de Papel y Cartón Corrugado</i> , Rodolfo Cota Borbón, Jorge G. Mendoza León, Aarón F. Quirós Morales, Rafael López Zazueta, Rubén Varela Campos	71
II.- Ergonomía y Seguridad Industrial	
<i>Implementación de un Programa de Gestión de Riesgos Ergonómicos para la Mejora en Centros de Trabajo</i> , Anahi Luque-Acuña, Jaime Alfonso León-Duarte, Arnulfo Aurelio Naranjo-Flores	84
<i>Instauración de un Sistema de Administración en Seguridad y Salud en el Trabajo en un Molino Harinero</i> , Krisbel Berenice López-Bajo, Amina Marín-Martínez, René Daniel Fornés-Rivera	94
III.- Ingeniería Industrial	
<i>Desarrollo de un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones que Eleve la Eficiencia de la Logística de Recuperación y Distribución de Productos Hortofrutícolas en Campos de Hermosillo.</i> , Luis Felipe Romero Dessens, Juan Martín Preciado Rodríguez, Rodolfo Iván Núñez Acosta	104

<i>Propuesta de Diseño de Componentes y Mecanismos para un Dispositivo de Prototipado Rápido</i> , José Sergio López-Bojórquez, Germán Alonso Ruiz-Domínguez, Rodolfo Ulises Rivera-Landaverde	110
<i>Propuesta de Validación de Procesos para Impresora 3D</i> , Luz Irazel Ozuna-Dávila, Germán Alonso Ruiz-Domínguez, Rodolfo Ulises Rivera-Landaverde	116
<i>Rediseño del Sistema de Gestión de Almacenes de Empresas Comercializadoras</i> , Jaime Alfonso León-Duarte, Carmen Gisselle Viramontes-García	122
<i>Diagnóstico sobre las Actividades de Logística Inversa en PYMES del Municipio de Cajeme para Proponer Alternativas que Generen una Ventaja Competitiva</i> , María Paz Guadalupe Acosta-Quintana, Jorge Arturo Palomares-Mendoza, Arnulfo Aurelio Naranjo-Flores, Sandra Armida Peñuñuri-Gonzalez y Martha Rosas-Salas	133
 IV.- Gestión del Conocimiento	
<i>La gestión del conocimiento en la implementación del sistema de gestión de calidad ISO-9000 en una empresa de la industria metalmeccánica</i> , Jaime Olea-Miranda, José Alberto Espinoza-Mejía, Alonso Pérez-Soltero	140
<i>Usabilidad del Sistema de Gestión de Conocimiento en una Consultoría</i> , Alonso Pérez-Soltero, José Miguel Lauterio Martínez, Gerardo Sanchez-Schmitz, Mario Barceló-Valenzuela, Ramón Andrés Díaz-Valladares, Heriberto Aja Leyva	146
<i>Sistema para Transferir el Conocimiento: Propuesta para una Empresa Distribuidora de Medicamentos</i> , Mario Barcelo-Valenzuela, Patricia S. Carrillo-Villafaña, Alonso Pérez-Soltero, Gerardo Sanchez-Schmitz	152
<i>Propuesta de una Metodología para la Identificación del Conocimiento para la Asignación de Personal a Proyectos de Investigación de una Empresa Farmacéutica</i> , Alonso Pérez-Soltero, Javier Enrique Grijalva-García, Mario Barceló-Valenzuela	158
<i>Una Propuesta para Gestionar el Conocimiento Organizacional: Caso CENACE CFE</i> , Mario Barcelo-Valenzuela, Juana Inés Munguía-Ramírez, Alonso Pérez-Soltero, José Palma-Méndez	164
<i>Construcción de un Modelo de Lógica Difusa para Validación de Perfiles de Conocimiento de Personal</i> , Jorge A. Rosas-Daniel, Oscar M. Rodríguez-Eliás, María de J. Velazquez-Mendoza, Cesar E. Rose-Gómez	170
<i>Evolución de Necesidades de Conocimiento para Ingenieros de Software</i> , Leonel Ulises Ortega-Encinas, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, Ignacio Fonseca-Chon, José Miguel Rodríguez-Pérez, Sonia Regina Meneses-Mendoza	182
<i>Una Estrategia para Gestionar el Conocimiento: Caso Empresa Comercializadora</i> , Alonso Pérez-Soltero, Ana Gabriel Zavala-Guerrero, Mario Barcelo-Valenzuela, Gerardo Sanchez-Schmitz	193
<i>Clasificación y Recuperación Automática de Fuentes de Conocimiento</i> , Miguel Ángel Romero-Ochoa, Mario Barceló-Valenzuela, Gerardo Sánchez-Schmitz, Alonso Pérez-Soltero	208

V.- Métricas, Mediciones y Metrología

- Análisis de Defectos en Uniones Soldadas Utilizando el Método de Elementos Finitos para Piezas Manufacturadas en la Industria Aeroespacial*, Ricardo Rodríguez-Carvaja, Ricardo Dustan-Benitez215
- Determinación de Parámetros y sus Valores Óptimos para el Proceso de Pulido de Vidrio Mediante la Aplicación del Diseño de Experimentos a un Prototipo de Revolvedora. Caso INTEPPCO*, Carlos Anaya Eredias, Cristina Cuevas Hoyos.221

VI.-Ingeniería de Software

- Diseño de la Arquitectura Propuesta de un Sistema de Monitoreo y Asistencia a la Respiración en Neonatos*, Karla Vianney Ramos-García, María Trinidad Serna-Encinas, César Enrique Rose-Gómez, Sonia Regina Meneses-Mendoza227
- Diseño e Implementación de un Sistema Basado en TIC para la Documentación de Procesos. Caso: Área de Control Noroeste de la CFE*, Efraín Domínguez-Goycochea, Gerardo Sanchez-Smichtz, Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Pérez-Soltero233
- Evaluación de un Sistema con Soporte a los Inicios de Interacción Informados en el Desarrollo de Software*, Consuelo Esperanza Álvarez-Sánchez, Ramón René Palacio-Cinco, Carlos Jesús Hinojosa-Rodríguez, Joaquín Cortez-González237

VII.- Automatización y Control

- Propuesta del Diseño y Construcción de un Vehículo Aéreo No Tripulado*, Angel Ignacio Ocaña-Benitez, Guillermo Valencia-Palomo, José Antonio Hoyo-Montaño, Rafael Armando Galaz Bustamante.....247
- Diseño de seguidor solar en un sistema de alta concentración para celdas termoiónicas, usando óptica de Köhler.*, Christian Dávila-Peralta, Rafael García-Gutierrez, Camilo A. Arancibia-Bulnes, Rafael E. Cabanillas-Lopez, Ricardo Rodríguez-Carvajal ...253
- Propuesta de Diseño de un Banco de Pruebas para el Sistema de Control del Helióstato ..*, Víctor Hugo Benitez-Baltazar, Cuitlahuac Iriarte-Cornejo, Elberth Andrés Enríquez-Montoya260
- Desarrollo de un Módulo Domótico para el control del riego de Jardín en Viviendas de la Región*, Karina García-Gutiérrez, Erica Cecilia Ruiz-Ibarra, Adolfo Espinoza-Ruiz, Joaquín Cortez-González, Armando García-Berumen, Ramón René Palacio-Cinco266

VIII.- Inalámbricos

- Propuesta para una Red de Sensores Inteligentes para la Comunicación por Radiofrecuencia de un Sistema de Concentración Solar con Tecnología de Torre Central*, Víctor Hugo Benítez-Baltazar, Ramón Vicente Armas-Flores276

Sistema de Monitoreo de Temperatura de Pacientes Pediátricos y Geriátricos, Joel Ruiz-Ibarra, Lorenia Cantú-Ballesteros, María Guadalupe Sánchez-Cuellar, Claudia Rojas-Vásquez, Luz Elena Molina-Gil282

Diagnóstico de Flujo del Área de Ensamble Final de la Planta Ford de Estampado y Ensamble de Hermosillo, Sonora, México

Luis Felipe Romero Dessens, Christian Rafael Méndez Aréchiga

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial,
Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
lromero@industrial.uson.mx, cristmendez15@hotmail.com

Resumen. La investigación se lleva a cabo en el área de ensamble final dentro de la planta de estampado y ensamble de Ford Motor Company ubicada en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México. La problemática principal consiste en que la empresa no logra alcanzar los objetivos de flujo y esto afecta sustancialmente sus presupuestos operativos. En esta investigación se utiliza una metodología compuesta por 7 etapas principales con la finalidad de llevar a cabo un diagnóstico de flujo que permita a la empresa implementar mejoras y alcanzar sus objetivos de flujo. Como resultado de esta investigación se obtuvieron 3 propuestas de mejora para eliminar los cuellos de botella del área de ensamble final y alcanzar el flujo, de las cuales, se implementaron únicamente 2 logrando un incremento de 7.88% de unidades producidas respecto al estado inicial del sistema y el cumplimiento de los objetivos corporativos de flujo de proceso.

Palabras clave: Empresas manufactureras, Simulaciones de flujo, Identificación de cuellos de botella.

1 Introducción

“Las empresas se enfrentan a mercados cada vez más agresivos y competitivos: por lo cual, en el caso de las empresas manufactureras, el hecho de no poseer procesos productivos eficientes, no solo pone en riesgo su participación en el mercado, sino también su permanencia en el mismo. Ante esto surge la necesidad de enfocar esfuerzos a la búsqueda de soluciones efectivas para los problemas que se presentan, y opciones de fortalecimiento y mejoramiento en el uso de los recursos y factores de producción” [1].

El objetivo principal de esta investigación consiste en elaborar una metodología para realizar diagnósticos de flujo con la flexibilidad suficiente para aplicarse en cualquier

Luis Felipe Romero Dessens y Christian Rafael Méndez Aréchiga, *Diagnóstico de Flujo del Área de Ensamble Final de la Planta Ford de Estampado y Ensamble de Hermosillo, Sonora, México*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Eliás, German-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 1-10, 2014.

organización dedicada a la producción independientemente de sus características y aplicarla en el área de ensamble final con la finalidad de incrementar el flujo de proceso 6.70% y así cumplir con los objetivos de unidades producidas de la planta automotriz sometida a escrutinio.

En esta investigación se desarrolla una propuesta metodológica para realizar un diagnóstico de flujo con el uso de simulación en una planta automotriz ubicada en el noroeste de México, específicamente con la finalidad de evaluar la sincronía de flujo entre las líneas de proceso y localizar los cuellos de botella del área de ensamble final de dicha organización. Adicional, el modelo de simulación que se obtiene al aplicar la metodología desarrollada, proporciona evidencia estadísticamente confiable respecto al impacto en los indicadores de flujo debido a la localización de los cuellos de botella y a que se tiene la oportunidad de anticipar situaciones deseadas o no obtenidas de los posibles cambios.

2 Marco Teórico

Para una compañía industrial, el invertir en el desarrollo e implementación de un sistema de simulación es sumamente beneficioso ya que no se requiere invertir grandes cantidades para implementar dicho sistema en su organización y proporcionan ahorros relevantes ya que nos permite manejar el espacio global de la fábrica dentro de un ambiente permisible a modificaciones y cambios pudiendo evaluar todas las propuestas sin incurrir en gastos o costos[2].

“El análisis basado en simulación de eventos discretos es ampliamente considerado como una buena práctica para la fiabilidad y el análisis del rendimiento del sistema de fabricación debido a su capacidad de modelar esa dinámica de sistemas complejos con relativa facilidad. Los modelos de simulación simulan la dinámica de funcionamiento de un sistema, y pueden aprovecharse para otros proyectos de mejora con poca o ninguna personalización” [3].

“La diferencia, y el poder de la simulación de eventos discretos es la capacidad de imitar la dinámica de un sistema real. Muchos de los modelos, incluidos los modelos de alta potencia de optimización, no pueden tomar en cuenta la dinámica de un sistema real. La capacidad de imitar la dinámica del sistema real es lo que proporciona a la simulación de eventos discretos su estructura, su función, y su forma única para analizar los resultados. La simulación es el proceso de diseñar un modelo dinámico de un sistema dinámico real con la finalidad de entender el comportamiento del sistema o para la evaluación de distintas estrategias para la operación del sistema” [4].

2.1 Análisis de Cuellos de Botella

“Una línea de producción se considera en balance en el momento que todas las operaciones caminan al mismo ritmo. Se puede comparar al flujo de líquido por un tubo, todo el tubo debe ser de la misma capacidad para que el flujo sea continuo y sin traba. Para conseguir el balance cada fase del proceso debe tener la misma capacidad de

producción, la manera de conseguir esto se debe calcular la cantidad de operarios y máquinas que necesita la operación para estar al ritmo de las demás”[1]. La búsqueda de este balanceo de líneas ha llevado a los investigadores y profesionistas dedicados a la mejora de los sistemas a desarrollar herramientas de simulación que permiten explorar diferentes escenarios en busca del estado ideal o por lo menos obtener una configuración productiva que le permita alcanzar sus objetivos a las organizaciones productivas alrededor del mundo. El principal objetivo del balanceo de líneas consiste en la eliminación de los cuellos de botella el cual se define como “cualquier recurso cuya capacidad es inferior a la demanda colocada sobre éste. La identificación correcta del cuello de botella del proceso es vital en el desarrollo de posibles mejoras ya que si se centran esfuerzos y recursos en mejorar un centro de trabajo el cual no es el crítico, se pierde todo lo realizado pues no se mejora la producción”[1].

2.2 Verificación y Validación de los Modelos de Simulación

La verificación y validación tienen que ver con la determinación de si un modelo y sus resultados son "correctas" para un uso o propósito específico. Formalmente, la verificación del modelo se define como "asegurar que el programa informático del Modelo computarizado y su aplicación son correctas" [5] y la validación del modelo se define como la "comprobación de que un modelo computarizado dentro de su ámbito de aplicación posee un rango satisfactorio de precisión ajustado a la aplicación del modelo destinado" [6].

Es importante llevar a cabo la verificación y validación de un modelo de simulación enfocándonos al propósito del modelo. Si el propósito de un modelo de simulación es para responder a una variedad de preguntas, la validez del modelo se debe determinar con respecto a cada pregunta. Los desarrolladores y los usuarios de los modelos de simulación, los encargados de tomar decisiones utilizando la información obtenida de los resultados de estos modelos, y las personas afectadas por las decisiones basadas en esos modelos están justamente preocupados por si el modelo y sus resultados son "correctos" para cada pregunta que el modelo pretende responder [7].

Un modelo se considera válido para un conjunto de condiciones experimentales si la exactitud del modelo se encuentra dentro de su rango aceptable de precisión, que es la precisión requerida del modelo para su uso previsto. El rango de un modelo aceptable de precisión se debe especificar antes de iniciar el desarrollo del modelo o muy temprano en el proceso de desarrollo del modelo. Varias versiones de un modelo suelen ser desarrolladas antes de obtener un modelo válido satisfactorio. La comprobación de que un modelo es válido, es decir, realizar la verificación y la validación de modelo, se considera generalmente que es un proceso y es normalmente parte de la totalidad del proceso de desarrollo del modelo [8].

3 Descripción del Problema

El problema consiste en que el área de la planta sometida a análisis no ha conseguido producir el volumen requerido por los gerentes de la compañía ya que según los indicadores de flujo de la compañía, el área sometida a análisis actualmente produce un volumen diario de 1,324 unidades (el objetivo es de 1,419 unidades) y se desconoce la contribución de cada factor, por lo que no se puede priorizar de manera efectiva y atacar las causas raíz de este bajo nivel de producción.

4 Desarrollo de la Solución

En la figura 1 se describen los pasos de la propuesta metodológica, la cual busca obtener sincronía dentro de los diferentes procesos e incrementar el flujo de producto en la línea final del sistema sometido a escrutinio:

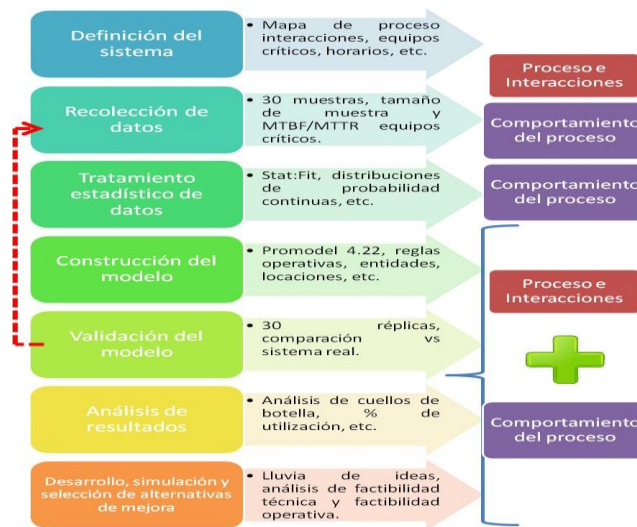


Figura 1. Etapas de la metodología propuesta (elaboración propia)

A continuación utilizaremos la metodología propuesta plasmada en la figura 1 para diagnosticar el flujo de proceso del área de ensamble final de la planta de estampado y ensamble de Ford Motor Company ubicada en Hermosillo, Sonora, México.

4.1 Definición del Sistema

Tal y como se muestra en la figura 2, el área de ensamble final se encuentra dividida en 10 líneas de producción que van desde la línea de pretrim hasta la línea 700 y un total de 8 acumuladores distribuidos estratégicamente entre las líneas de este complejo sistema. Las capacidades de los acumuladores se muestran en la imagen como denominador de las fracciones que aparecen entre cada línea representando los acumuladores:

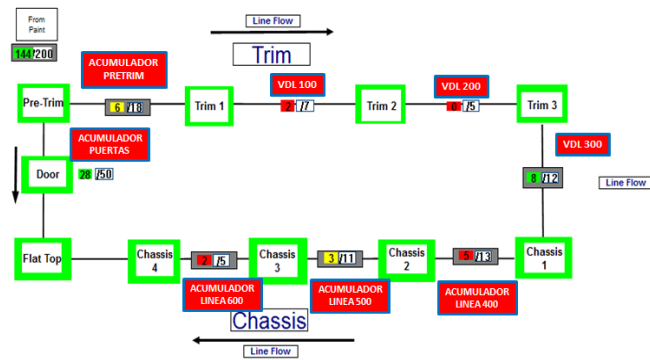


Figura 2. Mapa de proceso de Ensamble Final (elaboración propia)

4.2 Recolección de Datos

En la etapa de recolección de datos se realizaron 30 mediciones de los tiempos ciclos en cada una de las estaciones de trabajo de las 10 líneas de ensamble final tomando en cuenta la salida de unidades de una línea a la línea o transportador subsecuente y después calculamos el tamaño de muestra adecuado (nivel de significancia de 0.05 y error permitido 0.1) y se cronometran las muestras requeridas de los tiempos ciclos de cada línea de ensamble. Los datos fueron obtenidos mediante el sistema de error proofing (control de torque) ya que cada ajuste es registrado en el sistema de error proofing y se puede obtener fácilmente el tiempo entre cada ciclo y utilizando cronometraje en las estaciones que no tuvieran implementado dicho sistema. En total se obtuvieron los tiempos ciclos de 30 unidades en 356 estaciones de trabajo utilizando este sistema y 44 estaciones utilizando cronometraje clásico durante los meses de Enero y Febrero del año 2014. Los datos de MTBF y MTTR de los equipos fueron proporcionados por la empresa y se incluyeron en la sección de locaciones en la columna de DTs.

4.3 Tratamiento Estadístico de los Datos

Los datos obtenidos en la etapa de recolección se utilizan en esta sección para obtener distribuciones de probabilidad que representen el comportamiento general de cada centro

de trabajo, equipo, cadena transportadora y otros elementos del sistema de manera fidedigna y precisa. Para el tratamiento estadístico de los datos y el procedimiento de ajuste de datos a distribuciones de probabilidad se utilizó la herramienta Stat:Fit contenida en el paquete del software Promodel 7.0. Los datos se transfirieron a esta herramienta y mediante diferentes pruebas estadísticas de bondad de ajuste (chi cuadrada, Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling) se obtuvieron diferentes opciones de distribuciones de probabilidad y el porcentaje de correlación entre los datos ingresados al sistema y cada una de estas distribuciones.

El siguiente paso consiste en relacionar las distribuciones de probabilidad obtenidas en Stat:Fit y las distribuciones que el software Promodel 4.22 acepta como válidas al momento de asignar tiempos de espera a las diferentes locaciones del modelo en la sección de proceso. Las distribuciones de probabilidad utilizadas en promodel 4.22 son: beta, binomial, erlang, exponencial, gama, geométrica, gauss Inversa, lognormal, normal, pearson5, pearson6, poisson, triangular, uniforme y weibull.

4.4 Construcción del Modelo de Simulación

Se elaboró el modelo considerando las diferentes reglas operativas, interacciones entre líneas y acumuladores y los datos recabados en etapas anteriores. Primeramente definimos las entidades en tránsito que utilizaremos en el modelo de simulación. Después de definir las 4 entidades del modelo, se prosigue definiendo las llegadas al sistema de dichas entidades con su ubicación exacta de llegada, frecuencia (obtenida mediante cronometraje en la etapa de recolección de datos y establecida como un tiempo fijo debido a que el abastecimiento por parte del área de pintura se sale del alcance de este proyecto) y cantidad de arribos por evento.

Posteriormente se trabajó la sección de localidades dentro del modelo de simulación, incluyendo cada estación de trabajo, equipo, cadena transportadora y otros elementos presentes en sistema de ensamble final. En resumen se utilizaron más de 400 locaciones para la construcción del modelo de simulación, las cuales fueron en su mayoría estaciones de trabajo (aproximadamente 90% de las locaciones totales) y el resto se trataron de equipos críticos del sistema de ensamble final, acumuladores y cadena transportadoras. Dentro de la etapa de locaciones resulta sumamente importante representar los datos de MTBF y MTTR de los equipos críticos en la sección de DTS.

La siguiente etapa consistió en definir las variables globales requeridas para la construcción del modelo, indicadores clave de desempeño, variables de depuración del sistema (sirven para descargar locaciones saturadas debido a la excesiva cantidad de entradas que se tienen de las diferentes entidades definidas en el sistema) y otras funciones propias de los modelos de simulación.

La siguiente etapa corresponde a la definición de atributos del modelo de simulación, los cuales nos ayudan a rutiar las diferentes entidades a las locaciones correspondientes basado en el tipo de vehículo (Fusion o MKZ) y las opciones de producto antes mencionadas, como son: QCC, bocinas, QCC, entre otros componentes variables dentro

de las diferentes opciones de producto que la empresa ofrece a sus consumidores. Cabe mencionar que únicamente se tomaron en cuenta las opciones de producto que tuvieran repercusiones al tiempo ciclo de las diferentes locaciones del modelo por tratarse este proyecto de diagnosticar el flujo de proceso del área de ensamble final.

Por último se trabajó en la sección de proceso (en esencia, la sección integradora y más importante del modelo), en la cual se utiliza la información recabada en las etapas anteriores del sistema para detallar los procesos, ruteos, interacciones y demás del modelo sometido a escrutinio.

4.5 Validación del Modelo de Simulación

En esta etapa se corrió el modelo de simulación construido en la etapa anterior utilizando la opción de Promodel para realizar 30 réplicas del modelo y obtener los resultados promedio de estas réplicas, así como algunos parámetros estadísticos como la desviación estándar, la media y los intervalos utilizando niveles de confianza del 90, 95 y 99%.

Para validar el modelo de simulación procederemos a realizar una prueba de hipótesis comparando el valor de salida promedio del modelo (FUSIONS + MKZS) con el desempeño actual del sistema previamente calculado de 7,502 unidades semanales.

La suma de las variables que se utilizaron para contar el número de unidades producidas da 8,075.26 unidades que corresponde a la capacidad requerida para sacar 7,510 unidades semanales operando con una eficiencia del 93%. Posteriormente procedemos a probar que la media de unidades producidas por el sistema modelado en Promodel se asemeja a la media del desempeño actual del sistema real mediante una prueba de hipótesis de medias de dos poblaciones:

$$\begin{aligned} H_0: \text{Media Poblacional} &= 7510 & X &= 7,502.00 \\ H_1: \text{Media Poblacional} &<> 7510 & M &= 7,510.00 \\ Z &= ((7,502.00 - 7,510.00) * \text{raíz}(30)) / 36.08 = -1.2145 & (1) \end{aligned}$$

Ya que el valor de -1.2145 se encuentra entre -1.96 y 1.96 (valor de Z obtenido con nivel de confianza de 95%), no existe suficiente evidencia estadística para rechazar H_0 , es decir que se cuenta con un 95% de confianza de que $M = X$, dicho de otra manera, el promedio de volumen obtenido con el modelo de simulación corresponde al promedio de volumen obtenido en el sistema real.

4.6 Análisis de Resultados del Modelo

La idea fundamental de esta sección es localizar los cuellos de botella del sistema con la finalidad de evaluar cuanto se requiere mejorarlos para lograr que el sistema incremente su flujo de 7,510.00 unidades producidas actualmente corriendo con una eficiencia de 93% a 8,041.00 unidades producidas. Se realizó un análisis de cuellos de botella en cada línea con la finalidad de localizar las líneas restrictoras de flujo y los cuellos de botella

internos de dichas líneas, se identificó que las líneas de pretrim, línea 800 y línea 900 no presentaban problemas de flujo. El análisis de las líneas que si presentaban problemas de flujo se muestra a continuación:

- Línea 100: se identificaron las estaciones 122 LH y 127 RH como cuellos de botella contribuyendo con 0.5 unidades de perdida cada una. Línea 200: el flujo promedio de cada locación de la línea 200 se ve constante con ligeras pérdidas en algunas locaciones con una pérdida de 0.5 unidades a través de toda la línea.
- Línea 300: el flujo promedio de cada locación de la línea 300 se ve constante y sin pérdidas por lo que se descarta tener cuellos de botella internos en esta línea. Observemos también que se pierden 3.2 unidades por problemas de sincronización de flujo con la línea 200.
- Línea 400: el flujo promedio de cada locación de la línea 400 es constante y sin pérdidas. Observemos también que se pierden 2.7 unidades por problemas de sincronización de flujo con la línea 300.
- Línea 500: el flujo promedio de cada locación de la línea 500 es constante y sin pérdidas por lo que se descarta tener cuellos de botella internos en esta línea. Observemos también que se pierden 2.5 unidades por problemas de sincronización de flujo con la línea 400.
- Línea 600: el flujo promedio de cada locación de la línea 600 se ve constante con ligeras pérdidas en algunas locaciones con una pérdida de 0.8 unidades a través de toda la línea.
- Línea 700: el flujo promedio de cada locación de la línea 700 se ve constante hasta que llegamos a la estación 737 LH donde se pierde 1 unidad de flujo, por lo que dicha estación es un cuello de botella del modelo.

En resumen, se tienen pérdidas de 11.7 unidades totales derivados de cuellos de botella internos. El corregir las situaciones que nos llevan a tener esta pérdida de unidades no es suficiente para lograr los objetivos de flujo de la compañía por lo que se evaluó la opción de modificar la velocidad de las transferencias del sistema y corregir los cuellos de botella a que surjan después de los cambios antes mencionados.

4.7 Desarrollo, Simulación y Selección de Alternativas de Mejora

En esta etapa se elaboraron primeramente las propuestas relacionadas con modificar la velocidad de las transferencias y las líneas de ensamble. Basados en las diferentes capacidades de las transferencias y las restricciones técnicas, operativas y reglamentos corporativos se determinó modificar las velocidades de las transferencias enlistadas en la figura 3:

Transferencia	Velocidad Actual	Velocidad Final
Pretrim a línea 100	43 segundos	30 segundos
VDL Norte	47 segundos	46.5 segundos
VDL 300	30 segundos	46.5 segundos
Acumulador línea 400	48 segundos	47.5 segundos
Acumulador línea 500	49.5 segundos	48.5 segundos
Acumulador línea 600	51 segundos	49 segundos
Conveyor puertas	30 segundos	49 segundos

Figura 3. Optimización de velocidades de transferencias (elaboración propia).

Posteriormente se realizaron las modificaciones en el modelo de simulación y se obtuvieron 8,331.67 unidades producidas, sin embargo no se logró el objetivo de 8,684 unidades, por lo que se realizó de nueva cuenta la etapa 4.6 de análisis de resultados del modelo y se localizó 1 cuello de botella: el brazo de instalación de tanque de gasolina tiene varios problemas para alinear los cinchos del tanque de gasolina y esto genera que el tiempo ciclo se incremente en esta estación. Tal y como lo muestra la figura 4, para mejorar el rendimiento del brazo de tanque de gasolina se decidió colocarle guías de color rojo en cada esquina para evitar la variación referente a la posición de los cinchos en el brazo:

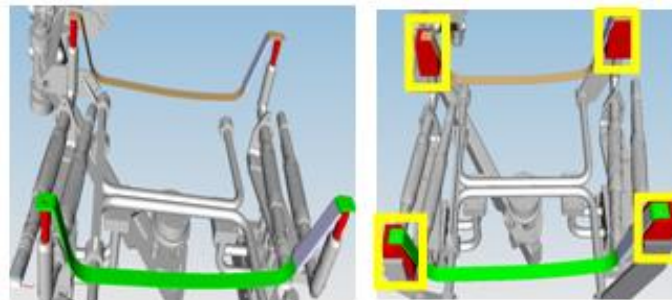


Figura 4. Mejoras implementadas en brazo de tanque de gasolina (elaboración propia)

Una vez que la mejora fue implementada en el sistema real, se procedió a cronometrar de nueva cuenta y se obtuvieron los datos del tiempo ciclo de las estaciones 428-430 LH, se realizaron los cambios en el modelo de simulación y se obtuvieron 8,333.57 unidades producidas, sin embargo no se logró el objetivo de 8,684 unidades, por lo que se realizó de nueva cuenta la etapa 4.6 de análisis de resultados del modelo y se localizaron 2 cuellos de botella (919 y 920 LH). Para mejorar el rendimiento de las estaciones 919 y 920 LH se decidió automatizar el equipo de ciclado de cristales con la finalidad de ahorrar 11 segundos de tiempo ciclo en la estación 919 LH y pasarle labor de la estación 920 LH

descargando esta última 5 segundos para poder dar el flujo requerido. Posteriormente se realizaron los cambios en el modelo obteniendo los siguientes resultados de flujo y se obtuvieron 8,711.10 unidades producidas, logrando cumplir el objetivo de 8,684 unidades requeridas por la compañía.

5 Conclusiones

Se realizó el diagnóstico de flujo de proceso del área de ensamble final localizando los cuellos de botella del sistema que no le permitían a la compañía alcanzar sus objetivos de flujo. Los principales cuellos de botella fueron las velocidades de las transferencias, el brazo del tanque de la gasolina y las estaciones 920 y 921 de línea de puertas, para las cuales se desarrollaron propuestas de mejora que permitieran darle una mayor capacidad a estas estaciones y mejorar el flujo de proceso. Posteriormente se realizó la implementación de las propuestas de mejora y la planta automotriz sometida a escrutinio logró cumplir sus objetivos de flujo incrementando su producción en 7.88%.

Referencias

1. Gamarra Martínez, Karen Andrea, Jiménez Martínez & Jhon Edison: Análisis de dos metodologías para identificar el cuello de botella en procesos productivos. Universidad Industrial de Santander (2012)
2. Álvarez Salgado, Miriam Elena y García Padilla, Ricardo Mauricio: Estudio de la simulación de procesos de producción en ingenios azucareros. Tesis de Ingeniería en sistemas computacionales de UTN(2013)
3. Sharda, B. & Bury, S. J.: Best practices for effective application of discrete event simulation in the process industries. Published in Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference S. Jain, R.R. Creasey, J. Himmelspach, K.P. White, & M. Fu, eds(2011)
4. Ingalls, Ricki G.: Introduction to simulation. Published in Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference R. Pasupathy, S.-H. Kim, A. Tolk, R. Hill, and M. E. Kuhl, eds(2013)
5. Oberkampf, W. L. & J. Roy.: Verification and Validation in Scientific Computing. Cambridge: Cambridge University Press(2010)
6. Sargent, R. G.: Verification and Validation of Simulation Models. Journal of Simulation 7:12-24. U. S. General Accounting Office. 1987. "DOD Simulations: Improved Assessment Procedures Would Increase the Credibility of Results." Report ID: PEMD-88-3(2013)
7. Sargent, R. G.: Verification and Validation of Simulation Models. In Proceedings 2011 Winter Simulation Conf., edited by S. Jain, R. R. Ceasey, J. Himmelspach, K. P. White, and M. Fu, 183-198. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers Inc(2011)
8. Banks, J., J. S. Carson II, B. L. Nelson & D. Nicol: Discrete-Event System Simulation. 5th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall (2010)

Aplicación de un Diseño de Experimentos 2^k para la Optimización de un Proceso de Moldeo por Inyección

Gloria Paola Ortiz Espinoza, Carlos Anaya Eredias, Gilberto Ortiz Suárez, Pedro David Sánchez Pérez

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
gloriapa.ortizes@correoa.uson.mx, canaya@industrial.uson.mx,
gortiz@industrial.uson.mx, pedroda.sanchezpe@correoa.uson.mx

Resumen. Tener variabilidad en el proceso de producción es inevitable debido a inconsistencia en los parámetros de la máquina, la pieza de trabajo, materiales, herramientas y procesos. Cuando existe variación en el proceso el diseño de experimentos es una técnica estadística utilizada para determinar el ajuste óptimo de los factores que influyen al proceso, y de esta manera mejorar su funcionamiento, reducir su variabilidad y mejorar la manufactura de productos. El presente artículo se enfoca en la identificación, análisis y estudio de los factores principales que influyen durante el proceso de moldeo por inyección de la pieza 1-1532082-9 para que el producto cumpla con los requerimientos de calidad exigidos por el cliente.

Palabras Clave: Proceso, Moldeo por inyección, Diseño de experimentos, Factores

1 Introducción

Dentro de la empresa TE Connectivity se lleva a cabo el proceso de moldeo por inyección de la pieza 1-1532082-9, donde se observa que los diámetros superiores se encuentran fuera de especificación, es decir, no están dentro del rango de medida de 0.118 a 0.122 mm. Cuando la pieza no cumple con dicha especificación de calidad, ésta debe de ser retrabajada, sin embargo en ocasiones resulta imposible, y pasa a formar parte del desperdicio, generando costos de calidad para la empresa.

Este estudio tiene como objetivo identificar, analizar y estudiar los factores principales que influyen durante el proceso de moldeo por inyección de la pieza, para para que el producto cumpla con los requerimientos de calidad exigidos por el cliente. La estructura

Gloria Paola Ortiz Espinoza, Carlos Anaya Eredias, Gilberto Ortiz Suárez y Pedro David Sánchez Pérez, *Aplicación de un Diseño de Experimentos 2^k para la Optimización de un Proceso de Moldeo por Inyección*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 11-20, 2014.

del artículo comienza con el marco teórico que proporciona el sustento necesario y suficiente para el desarrollo de un diseño de experimentos en un proceso de moldeo por inyección. Así mismo se explica la metodología a utilizar y se presentan el análisis de los datos. Para finalizar se presentan los resultados obtenidos durante el proyecto y se desarrollan las conclusiones del artículo.

2 Marco Teórico

La calidad de los productos y servicios se ha convertido en uno de los factores principales del funcionamiento óptimo de una organización, por lo que los fabricantes han tomado una creciente conciencia de la necesidad del mejoramiento continuo de sus procesos para obtener y mantener buenos resultados económicos en el desempeño de sus organizaciones [1].

El moldeo por inyección representa el proceso más importante para manufacturar partes plásticas debido a la facilidad de fabricación de artículos de alta calidad [2], además tiene algunas ventajas como una alta estabilidad dimensional, ciclos cortos de producción, superficies finas y limpias en los productos, moldeo fácil de formas complicadas y bajos costos en la producción [3], es por esto que para obtener una alta calidad en piezas moldeadas por inyección, el diseño de moldes, la materia prima, condiciones de procesamiento y el rendimiento de la máquina de inyección debe estar bien controladas para cumplir con las especificaciones requeridas.

2.1 Problemas en el Moldeo por Inyección

Los defectos de los productos, tales como deformaciones, encogimiento, marcas de hundimiento, y tensión residual son causados por diversos factores durante el proceso de producción. Estos defectos influyen en la calidad y la precisión de los productos, por lo tanto, es de suma importancia controlar eficazmente la influencia de los factores durante el proceso de moldeo [4]. La complejidad del proceso de moldeo por inyección y la enorme cantidad de manipulación de parámetros en tiempo real crean un esfuerzo muy intenso para mantener el proceso bajo control. Lo que es más, la complejidad y la manipulación de los parámetros pueden causar graves problemas de calidad y altos costos de fabricación [5].

El moldeo por inyección es un proceso cíclico inestable, sin embargo, la selección apropiada de los factores para su correcta operación, se hace más difícil conforme el diseño de la pieza de plástico se hace más delgada [6]. Debido a la complejidad del moldeo por inyección, numerosas propuestas y modelos matemáticos han sido ampliamente desarrollados ya que se han realizado numerosos estudios para el análisis de las diferentes etapas del proceso de moldeo por inyección [6].

2.2 Diseño de Experimentos

Tener variabilidad en el proceso de producción es inevitable debido a inconsistencia en los parámetros de la máquina, la pieza de trabajo, materiales, herramientas y procesos [7]. Cuando existe variación en el proceso el diseño de experimentos es una técnica estadística utilizada para determinar el ajuste óptimo de los factores que influyen al proceso, y de esta manera mejorar su funcionamiento, reducir su variabilidad y mejorar la manufactura de productos [8]. Es utilizado para entender las características del proceso y para investigar cómo las entradas afectan las respuestas basadas en antecedentes estadísticos, además de determinar los parámetros óptimos del proceso con un menor número de ensayos de prueba [9]. El diseño de experimentos es altamente efectivo para aquellos procesos, que su rendimiento se ve afectado por varios factores.

2.3 Diseño Factorial 2^k

Los diseños factoriales se usan ampliamente en experimentos que incluyen varios factores cuando es necesario estudiar el efecto conjunto de los factores sobre una respuesta. El más importante de estos casos especiales es el de k factores, cada uno solo con dos niveles. Estos niveles pueden ser cuantitativos, como dos valores de temperatura, presión o tiempo, o bien cualitativos, como dos máquinas, dos operadores, los niveles “alto” y “bajo” de un factor, o quizás la presencia o ausencia de un factor. Una réplica completa de este diseño requiere $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ observaciones y se le llama diseño factorial 2^k [10].

3 Descripción del Problema

El impacto negativo que se tiene cuando la pieza 1-1532082-9 no cumple con los requerimientos de calidad exigidos por el cliente se puede medir en dos formas:

1. En el departamento de moldeo los índices de desperdicio de silicón varían entre el 40% y 50% del material productivo, además, cuando la pieza puede ser retrabajada se invierte en promedio 20 horas a la semana para hacerlo.
2. El componente no se entrega a tiempo al ensamble final del número de parte 6-1532028-0 de la línea de producción Microdot, ocasionando que la orden no se pueda trabajar, incrementando de esta manera el WIP, es decir órdenes que no se han completado y están esperando su procesamiento posterior, y dejando sin embarcar 7,214 dólares americanos por cada orden, teniendo en total 17 ordenes sin trabajar acumulando 122,638 dólares americanos hasta el momento.

4 Implementación

En general la experimentación se hace de manera secuencial y antes de comenzar con el experimento se debe de cerciorar que los instrumentos de medición y la máquina con la que se va a trabajar estén dentro de periodo de calibración y mantenimiento. Esto ayudará a que la variable de respuesta sea más exacta y el error de medición disminuya. En la Figura 1 se muestra el esquema general del procedimiento para diseñar un experimento el cual comprende 5 pasos los cuales se describen a continuación:

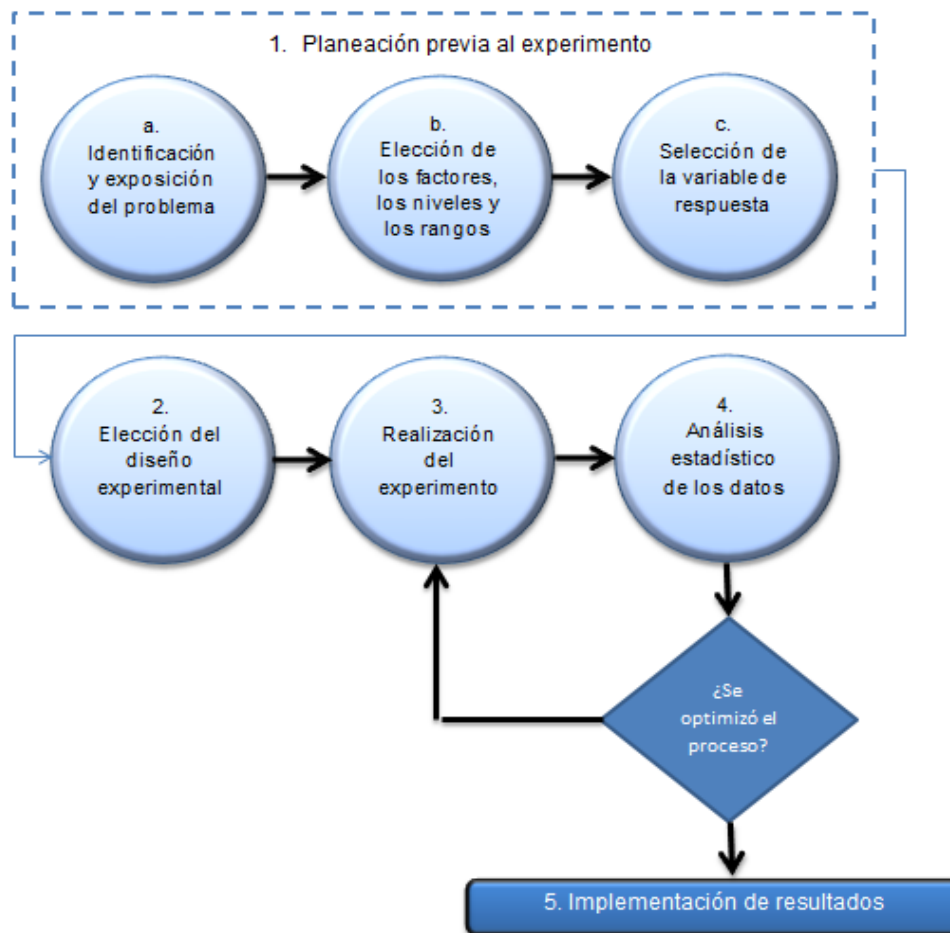


Figura 1. Metodología para realizar un diseño de experimentos

4.1 Planeación Previa al Experimento

Identificación y Exposición del Problema

Se recolectaron 90 datos de cada orificio obtenidos en 3 días de producción para los cuales se realiza un diagnóstico gráfico utilizando de las siguientes herramientas estadísticas: diagrama de dispersión y estudio de capacidad de proceso.

En la Figura 2, se muestra el diagrama de dispersión Orificio 1 vs Orificio 2 donde se observa la no existencia de correlación al no presentarse patrón entre las dos variables, y se puede decir que las variables tienden a ser independientes. Existen muy pocos puntos que están dentro del área de especificación, es decir, donde ambos orificios cumplen con la especificación de calidad y son piezas aceptables.

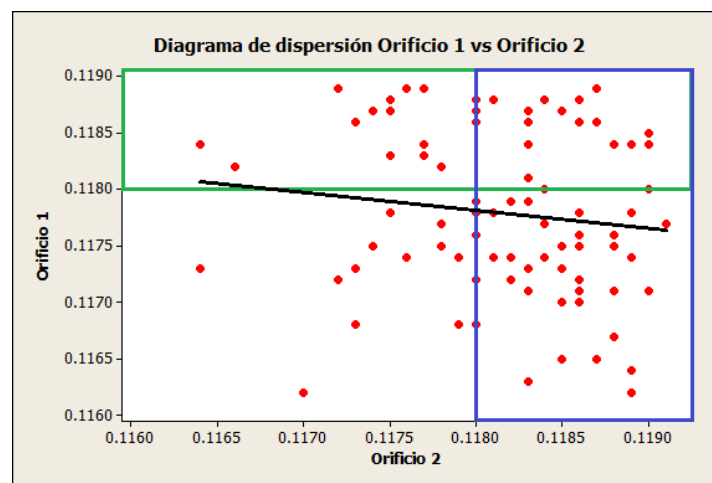


Figura 2. Diagrama de dispersión Orificio 1 vs Orificio 2

Además, se realizó un análisis de capacidad de proceso para ambos orificios y de acuerdo al gráfico obtenido se puede concluir lo siguiente: el comparativo que se realiza respecto a las especificaciones del producto nos indica que existe gran parte de las piezas que no cumplen con las especificaciones; el índice tanto de C_p como de C_{pk} refuerzan lo anterior al obtenerse valores de $C_p = 0.91$ y $C_{pk} = -0.10$ para el Orificio 1 de $C_p = 1.00$ y $C_{pk} = 0.08$ para el Orificio 2; las partes por millón totales de no conformidad es de 611,111 piezas para el Orificio 1 y 300,000 piezas para el Orificio 2, las cuales están por debajo de la especificación inferior.

Elección de los Factores, los Niveles y los Rangos

El criterio utilizado para establecer los factores tipo constantes o variables se llevó a cabo por medio de una entrevista con el Ingeniero de Moldeo, especialista y responsable del

16 Gloria Paola Ortiz Espinoza, Carlos Anaya Eredias, Gilberto Ortiz Suárez, Pedro David Sánchez Pérez

proceso de moldeo. En la Tabla 1 y 2 se muestran los factores que intervienen en el proceso y se clasifican en factores constantes o variables.

Tabla 1. Factores constantes que intervienen en el proceso de moldeo

Factores constantes	Valor Constante
Temperatura ambiental	18° C
Temperatura del barril	0° F
Tiempo de expulsión	1 seg
Presión del clamp	.90
Presión del colchón	1.00
Velocidad de cierre	2.85
Velocidad del tornillo	1
Pines utilizados	2 piezas
Fixtures	2 herramientas

Tabla 2. Factores variables que intervienen en el proceso de moldeo

Factores variables	Rango Inferior	Rango Superior
Temperatura por arriba del molde	345°F	375°F
Temperatura por abajo del molde	345°F	375°F
Tiempo de inyección	1 min	3 min
Tiempo de enfriamiento	1 min	3 min
Velocidad de inyección	1.5	2.5
Presión	1 bar	1.8 bar

Selección de la Variable de Respuesta

El diámetro de los orificios 1 y 2 de la pieza 1-1532082-9 deben estar dentro del rango de especificación de 0.118 a 0.122 mm que se exige de acuerdo al diseño y plano de la pieza.

4.2 Elección del Diseño de Experimento

Para analizar el problema que se tiene en el proceso de moldeo por inyección, se realiza un primer diseño de experimentos llamado “corrida de exploración”. El diseño es un experimento 2^3 y contiene 5 corridas que se realizan en los puntos centrales de los parámetros.

4.3 Análisis Estadístico de los Datos

Después de realizar el primer diseño de experimentos o corrida de exploración, se midió el diámetro de los orificios 1 y 2 de cada pieza. Se utilizó el software Minitab para analizar los datos y realizar un Análisis de Varianza para cada orificio y se observa que no se muestra ningún parámetro significativo ya que $P \geq 0.05$, por lo que se realizó un análisis más detallado del proceso para detectar algún otro factor que no se estaba

tomando en cuenta. Se analizaron las herramientas que se utilizan y se revisó la máquina internamente y se detectó la utilización de un fixture llamado PIN, el cual es insertado dentro del molde y las piezas para después iniciar el proceso de moldeo por inyección.



Figura 3 Fixtures “PIN” utilizado durante el proceso de moldeo de la pieza

Para analizar el fixture “PIN” se midió la altura de los orificios de la pieza 1-1532082-9 con el vernier Mitutoyo absolute. El resultado obtenido nos muestra que la altura de los orificios es de 0.1940 mm, después se mide el grosor de los pines que se utilizan durante el proceso, para de esta manera analizar si puede ser un factor crítico sobre las dimensiones del diámetro de los orificios del silicón. Se observó que a una altura de 0.1940 mm se detecta un grosor en el PIN de 0.1172 mm, por lo cual se considera como una causa potencial que puede afectar al proceso productivo en relación a las especificaciones de calidad del orificio 1 y 2.

Al considerar los PIN como un factor potencial, se propuso realizar unos pines que a una altura de 0.1940 mm muestre un grosor de 0.120 mm y posteriormente realizar un diseño de experimentos para verificar su implementación. El diseño que se utilizó para determinar si el grosor del PIN es un factor crítico en el diámetro de los orificios y se realizó un experimento con un solo factor donde se hace variar el “PIN” utilizado en el proceso. Se clasificaron los pines en Pin A y Pin B, donde el Pin A es el par que muestra un grosor de 0.1172 mm y e Pin B es el par que muestra un grosor de 0.120 mm

De acuerdo a los datos recolectados de cada muestra, se obtiene los resultados mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis estadístico de los resultados del diseño de experimentos con un solo factor para el Orificio 1 y Orificio 2

Orificio 1			Orificio 2		
	Pin A	Pin B		Pin A	Pin B
Media	0.117	0.119	Media	0.119	0.121
StDev	0.001	0.001	StDev	0.000	0.000
Media Mínima	0.116	0.119	Media Mínima	0.118	0.120

18 Gloria Paola Ortiz Espinoza, Carlos Anaya Eredias, Gilberto Ortiz Suárez, Pedro David Sánchez Pérez

Media Máximo	0.118	0.120	Media Máximo	0.119	0.121
Valor Mínimo	0.115	0.118	Valor Mínimo	0.118	0.120
Valor Máximo	0.120	0.121	Valor Máximo	0.120	0.122

Prueba de Diferencia de Medias para Orificio 1 y Orificio 2

1. Se realiza una prueba de diferencia de medias para el Orificio y Orificio 2 antes y después de la modificación del Pin.

Ho: La medias antes y después son iguales
 H1: La medias después del cambio es superior a la media antes del cambio

Tabla 4.Prueba de diferencia de medias para Orificio 1

	N	Mean	StDev	SE Mean
Orificio_1	10	0.119440	0.000750	0.00024
Orificio	10	0.11725	0.00133	0.00042

Difference = mu (Orificio_1) - mu (Orificio)
 Estimate for difference: 0.002190
 95% CI for difference: (0.001175, 0.003205)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 4.53 P-Value = 0.000 DF = 18
 Both use Pooled StDev = 0.0011

Tabla 5.Prueba de diferencia de medias para Orificio 1

	N	Mean	StDev	SE Mean
Orificio_2	10	0.120760	0.000488	0.00015
Orificio	10	0.118610	0.000412	0.00013

Difference = mu (Orificio_2) - mu (Orificio)
 Estimate for difference: 0.002150
 95% CI for difference: (0.001726, 0.002574)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 10.64 P-Value = 0.000 DF = 18
 Both use Pooled StDev = 0.0005

Como se muestra en la Tabla 4 y 5 se rechaza la hipótesis nula, es decir, la media después del cambio se incrementó.

4.4 Implementación de Resultados

Para confirmar que los diámetros del Orificio 1 y 2 cumplen con las especificaciones de calidad, se tomaron 30 mediciones de un día de producción utilizando el par de Pin B de 0.120 mm de grosor. Los datos obtenidos se concentran estadísticamente en la Tabla 6.

Tabla 6. Análisis estadístico de los datos obtenidos para Orificio 1 y Orificio 2 con Pin B

Orificio 1		Orificio 2	
	Pin B		Pin B
Media	0.119	Media	0.120
StDev	0.0003	StDev	0.0003
Media Mínima	0.119	Media Mínima	0.120
Media Máximo	0.120	Media Máximo	0.121
Valor Mínimo	0.119	Valor Mínimo	0.12
Valor Máximo	0.120	Valor Máximo	0.121

Como se puede observar, la media de ambos orificios se encuentran dentro de especificación, así como el valor mínimo y máximo de cada uno, por lo tanto se concluye que el proceso se encuentra dentro de especificación.

5 Resultados

Al determinar que el Pin era un factor crítico que afecta en la variable de respuesta, se realizó una modificación en el diseño, es decir, a una altura de 0.194 mm el grosor tiene que ser 0.120 mm. Se puede resaltar que en el estado inicial del proceso las partes por millón totales de no conformidad eran de 611,111 piezas para el orificio 1 y 300,000 piezas para el orificio 2, las cuales se localizaban por debajo de la especificación inferior. Después de rediseñar el fixture, las partes por millón totales de no conformidad disminuyeron en su totalidad a 0 piezas fuera de especificación para ambos orificios. Además, el índice tanto de C_p como de C_{pk} mejoró en comparación de los resultados obtenidos anteriormente para cada orificio, es decir, la capacidad potencial incrementó de un $C_p = 0.91$ y $C_{pk} = -0.10$ a $C_p = 1.66$ y $C_{pk} = 1.17$ para el orificio 1 y de un $C_p = 0.1$ y $C_{pk} = 0.08$ a $C_p = 1.83$ y $C_{pk} = 1.51$ para el orificio 2.

6 Conclusiones

El diseño de experimentos es altamente efectivo para aquellos procesos, que su rendimiento se ve afectado por varios factores. Con esta técnica se puede conseguir entre otras, mejorar el rendimiento de un proceso, reducir su variabilidad o los costos de producción.

Al realizar un diseño de experimentos en el proceso de moldeo por inyección de la pieza 1-1532082-9 se concluye que el factor principal que interviene en la calidad del producto es un par de fixture llamados "Pin". Después de rediseñar el fixture se obtuvieron mejores resultados en el proceso de producción teniendo 0 piezas fuera de especificación para ambos orificios. Al mejorar el proceso se obtiene un impacto positivo en la satisfacción del cliente, cumpliendo sus expectativas de manera más efectiva y

20 Gloria Paola Ortiz Espinoza, Carlos Anaya Eredias, Gilberto Ortiz Suárez, Pedro David Sánchez Pérez

eficiente, al embarcar un producto que cumple con las características de calidad, además, se eliminan los tiempos de retrabajo, y se minimizan los costos por factor de scrap o desperdicio.

Referencias

1. Camisión, C., and Pérez, D. J.(2010). The future of the quality/excellence function: A vision from the Spanish firm. Routledge, 649-672
2. Shuaib, N., Nasir, S., Fathullah, M., Shayfull, Z., & Abdul Manan, M. (2012). The Influence of Different Mold Temperature on Warpage in a Thin Shallow Injection Molding Process. *International Review of Mechanical Engineering*, 11-16
3. Kurt, K., Kaynak, A., & Girit, O. (2009) Experimental investigation of plastic injection molding: assessment of the effects of cavity pressure and mold temperature on the quality of the final products. *Master Des*, 3217-3224
4. Curic, D., Veljkovic, Z., & Duhovnik, J. (2012). Comparison of methodologies for identification of process parameters affecting geometric deviations in plastic injection molding of housing using Taguchi method. *Mechanika*, 671-676.
5. Saurav, D., Bandyopadhyay, A., & Kumar, P. (2008). Greybased Taguchi method for optimization of bead geometry in submerged arc bead-on iplate. *International Journal of Advance Manufacturing Technology*, 1136-114.
6. Ko-Ta, C., & Fu-Ping, C. (2006). Analysis of shrinkage and warpage in an injection-molded part with a thin shell feature using the response surface methodology. *Int J Adv Manuf Technol*, 468–479
7. Jeang, A. (1999). Robust Tolerance Desing by Response Surface Methodology. *Advance Manufacturing Technology*, 399-403
8. Antony, J., & Antony, J. Teaching the Taguchi method to industrial engineers. *Work Study*, 141-149 (2001).
9. Ming-Tsan, C., Yung-Kuang, Y., & Yun-Hsiang, H. Modeling and Optimization of Injection Molding Process Parameters for Thin-Shell Plastic Parts. *Polymer-Plastics Technology & Engineering*, 745-753 (2009).
10. Montgomery, D. (2005). *Diseño y Análisis de experimentos*. Limusa S.A de C.V.

Propuesta y Aplicación Metodológica para Mejorar la Calidad de un Componente en un Proceso de Moldeo por Inyección

José Lozano-Taylor¹, Florencio-Guadalupe Ramírez-Ramírez¹,
Xuewen Lu²

¹Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial,
Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
jlozano@industrial.uson.mx, florencio.ramirezr@gmail.com

²University of Calgary, Department of Mathematics and Statistics,
2500 University Drive N.W, T2N 1N4, Calgary Alberta, Canada.
xlu@ucalgary.ca

Resumen. La industria de plásticos se ha convertido en un giro de gran demanda y competencia, por lo que la mejora y optimización de sus procesos de manufactura es de gran importancia. El proceso de moldeo por inyección resulta ser el más popular a nivel global. El presente trabajo muestra una propuesta metodológica y su aplicación que permite la mejora de calidad de un componente plástico del ramo médico realizando dos diseños factoriales, análisis multivariado factorial para la simplificación de variables respuesta dada la limitación de instrumentos de medición adecuados, así como el uso de la función de deseabilidad como predicción en la aplicación de la solución propuesta.

Palabras clave: moldeo por inyección, diseños factoriales, análisis multivariado factorial, función de deseabilidad

1 Introducción

Una de las industrias con mayor crecimiento con un valor de varios millones de dólares es la manufactura de plásticos. La revista European Plastics News [1] pronostica que la industria de plásticos para el 2020 será de aproximadamente 90 billones de dólares adjudicado principalmente al aumento de demanda de materiales ligeros y eficientes. Siendo el moldeo por inyección el proceso más popular dentro de esta industria [2].

El moldeo por inyección (MI) se define como un proceso cíclico conformado por las siguientes etapas: 1) inyección, se calienta el plástico y se funde mientras que la unidad de

José Lozano-Taylor, Florencio-Guadalupe Ramírez-Ramírez y Xuewen Lu, *Propuesta y Aplicación Metodológica para Mejorar la Calidad de un Componente en un Proceso de Moldeo por Inyección*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 21-36, 2014.

inyección administra el plástico con presión controlada 80 a 90 % del plástico a través de los corredores o canales del molde; 2) empacado, se administra el resto del plástico con una mayor presión para compensar el fenómeno de compresión; 3) enfriamiento, antes de llenar la cavidad del molde comienza a enfriarse; 4) eyección, se libera el componente moldeado y se vuelve a la etapa inicial [3].

La operación de un equipo de moldeo por inyección requiere de muchas variables (comúnmente conocidos por parámetros) necesarias para producir componentes de calidad. Algunos de estos son: temperaturas de mezcla del plástico, enfriamiento, presión de inyección y de aseguramiento, velocidad de inyección, cantidad de material, entre otros [4-6]. Cada uno de estos parámetros deben tener un rango de valores que permiten generar componentes que cumplan con las especificaciones cada vez más estrictas de calidad, por lo que comúnmente se presentan ciertas características indeseables como: contracción en la superficie, marcas de tensión (estrés), llenado de material incompleto (tiro corto) o lo contrario a eso, exceso de material sobrante sobre la superficie (flash), superficie quemada, con burbujas de oxígeno dentro del componente (poroso), poca estabilidad dimensional, entre otros [7-13]. La solución a estos incidentes lo conforman toda una gama de herramientas de mejora y optimización cualitativa y cuantitativa (IT/OT) [14].

La revisión de 70 artículos de divulgación científica muestra que el diseño de experimentos resulta ser la herramienta más popular para la mejora y optimización de estos procesos como se muestra en la tabla 1 [15-34].

Tabla 1. Variables respuestas objetivos de mejora y optimización mediante diseño y análisis de experimentos en estudios previos.

Característica de calidad objetivo	Autores
Color	Meza, Vega y Pérez (2013) [20]
Tiempo de enfriamiento	Alkaabneh, Barghash y Mishael (2013) [18]; Park y Dang (2010) [32].
Dimensiones	Rajalingam, Bono y Bin-Sulaiman (2012) [22]; Andrisano, Gherardini, Leali, et al. (2011) [28]; Rajalingam, Bono y Sulaiman (2011) [29]; Mccreay, Johnston, Vanderwalker, et al. (2011) [30].
Caracterización de proceso	Calaon, Hansen, Ravn, et al. (2012) [25].
Masa, densidad, peso y volumen de componente	Lew, Dewaghe y Claes (2011) [31].
Eficiencia y variabilidad de proceso	Guo, Hua y Mao (2014) [16]; Wang, Dong, Wang, et al. (2013) [19]; Juraeva, Ryu, y Song (2013) [21]; Rajalingam, Bono y Bin-Sulaiman (2012) [22]; Wu, Yick, Ng, et al. (2012) [24]; Akbarzadeh y Sadeghi (2012) [26]; Park y Dang (2010) [32]; Sun, Chen y Sheu (2010) [33].
Encogimiento	Alkaabneh, Barghash y Mishael (2013) [18]; Rajalingam, Bono y Bin-Sulaiman (2012) [22]; Akbarzadeh y Sadeghi (2012) [26].
Marcas de hundimiento/ alabeo,	Lee y Lin (2014) [15]; Guo, Hua y Mao (2014) [16]; Gao, Tang, Gordon et al. (2014) [17]; Alkaabneh, Barghash y Mishael (2013) [18]; Wang, Dong,

acabado o textura, estrés y delaminación	Wang, et al. (2013) [19]; Guo, Hua, Mao, et al. (2012) [23]; Calaon, Hansen, Ravn, et al. (2012) [25]; Xia, Luo y Liao (2011) [27]; Andrisano, Gherardini, Leali, et al. (2011) [28]; Rajalingam, Bono y Sulaiman (2011) [29]; Lew, Dewaghe y Claes (2011) [31]; Mathivanan y Parthasarathy (2009) [34].
--	--

De acuerdo con la tabla 1, en los últimos cinco años se observa un gran número de estudios para mejorar y optimizar el índice de hundimiento/alabeo, acabado, estrés y delaminación utilizando diseño de experimentos, seguido por su uso para incrementar la eficiencia y disminuir la variabilidad de procesos de moldeo.

Dentro de una empresa dedicada a la manufactura de productos de la industria médica (entre otros), presenta una incidencia de tiro corto en el componente plástico que se muestra en la figura 1. Mismo que se le aplica una segunda capa plástica obteniendo como resultado un componente con presencia de tiro corto aún más alto. Los costos mensurables por defectos causan efecto dominó en su producción que, a los procesos siguientes, se le acumulan los costos de materiales, mano de obra por retrabajo, electricidad y tiempo de manufactura, estimando un 20% del costo estándar definido.

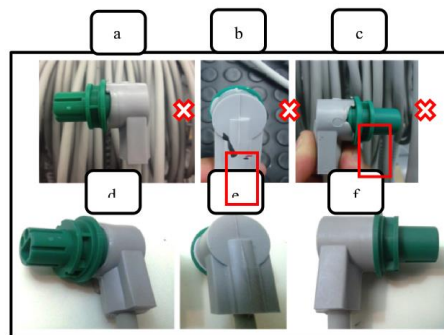


Figura 1. Componente objeto de estudio, en los incisos a, b y c se presenta cierto nivel de tiro corto, caso contrario de los incisos d, e y f.

2 Análisis y Diseño Factorial Fraccionado 2^{k-p}

El análisis de diseño factoriales fraccionados (DFF) es ampliamente utilizado en aplicaciones recientes para facilitar la definición de parámetros y efectos combinados que impactan a una característica de calidad [24, 45]. Por lo general, un DFF 2^{k-p}, se define como una fracción 1/2^p del diseño factorial completo 2^k[44]. Conforme va incrementado p la confiabilidad sobre la interpretación de los resultados se sacrifica generando que se confunda efectos principales, con efectos dobles para el caso de la fracción 1/2, efectos dobles con triples para el caso de la fracción 1/4, y así sucesivamente.

3 Análisis Multivariado Factorial

De acuerdo con [52] el análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) es una forma de identificar patrones en los datos correlacionados y expresando los datos de tal manera que se puedan identificar diferencias y similitudes entre múltiples factores (x_1, x_2, \dots, x_k) y la respuesta (característica de calidad) y . En consecuencia la relación de la función entre las respuestas y las variables independientes puede ser primeramente determinada para generar una función de aproximación apropiada, después los niveles de los factores (x_i) necesarios para obtener la respuesta óptima puede ser identificada. La relación entre las variables respuesta y las variables independientes (factores) pueden ser presentados en la forma de la ecuación (1).

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \tag{1}$$

4 Metodología propuesta y aplicación

La metodología de solución está conformada principalmente de análisis de experimentos, análisis multivariado de factores, y optimización analítica como se muestra en la figura 2.

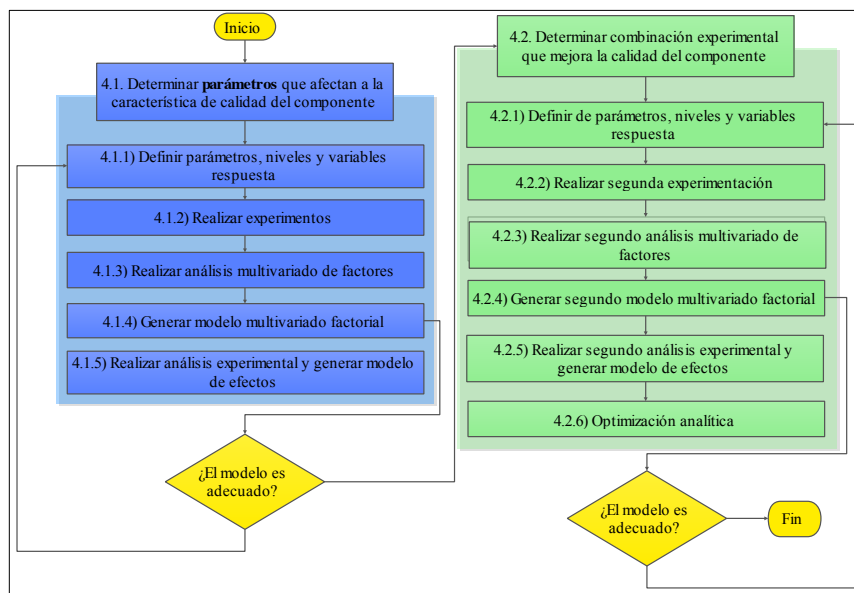


Figura 2. Metodología propuesta para mejora de calidad de una característica de calidad de un componente plástico.

De acuerdo con la figura 2, el primer grupo de pasos tiene por objetivo determinar aquellos parámetros que afectan a una característica de calidad objetivo de estudio, es decir el tiro corto del componente. Para el punto 4.1.1) Definir parámetros, niveles y variables respuesta, se revisó con personal operativo de moldeo, 70 artículos de divulgación científica y del propio manual de máquina de moldeo, llegando a la definición de los parámetros enlistados en la tabla 2, con su respectiva identificación (Id), unidad de medida (UM), valores nominales (VN) calculados y los niveles bajo (-) y alto (+) necesarios para la experimentación. Dado que no se cuenta con equipo para medir objetos en 3D y programas que puedan simular procesos de moldeo se decide definir variables respuesta que es factible medir con equipo disponible. Estas variables se muestran en la tabla 3.

Tabla 2. Parámetros, valores nominales y niveles alto y bajo a usar en el experimento

#	Parámetro	UM	VN	(-)	(+)
A	Temperatura de tobera	°F	380	342	418
B	Temperatura nariz	°F	370	333	407
C	Temperatura medio de tornillo	°F	360	324	396
D	Temperatura detrás de tornillo	°F	350	315	385
E	Cantidad de material	gr	31	27.9	34.1
F	Distancia de sostenimiento	mm	13	11.7	14.3
G	Tiempo de sostenimiento	s	3	2.7	3.3
H	Velocidad de inyección	%	30	27	33
J	Presión primaria	psi	700	630	770
K	Presión secundaria	psi	400	360	440
L	Velocidad de tornillo	rpm	25	22.5	27.5
M	Tiempo de enfriamiento	s	30	27	33
N	Tiempo de aseguramiento	s	5	4.5	5.5
O	Presión de remanso	psi	50	45	55

Tabla 3. Variables respuesta de primera experimentación

#	Variable respuesta	UM	VN
R1	Peso	Kg	0.01113
R2	Volumen	ml	45.75
R3	Largo recto	mm	21.52
R4	Ancho recto	mm	14.45
R5	Diámetro largo	mm	25.4
R6	Diámetro ancho	mm	25.4

Para la realización del experimento (punto 4.1.2 de la metodología), se tiene en cuenta una máquina de moldeo Boy 22AV estándar, con fuerza de sujeción de 220 kN, fuerza de cierre de molde de 17.6 kN, fuerza de apertura de molde de 40 kN; diámetro del tornillo de 22 mm, presión de inyección específica de 1,732 bar, capacidad de inyección de 48.46

g/s, capacidad de plastificado de 3.7 g/s; fuerza de inyección de 65.82 kN, fuerza de presión en nariz de 48 kN y potencia de accionamiento instalado de 5.5 kW. Dado que las condiciones de disponibilidad de máquina son limitadas, se acordó un diseño que no supere a los 32 tratamientos. Al contar con 14 parámetros, se tiene un diseño factorial 2^{14-9}_{IV} . Los datos mostrados en la tabla 2 y 3 se capturan en el programa de análisis, en este caso se usó design expert 7.0 ®, en versión de evaluación. El algoritmo interno del programa genera el orden numérico pseudo-aleatorio, orden en el que se debe realizar cada experimento teniendo en cuenta la combinación de valores de parámetros.

Siguiendo la metodología planteada, para el punto 4.1.3, se aplicó análisis multivariado de factores, a las observaciones de experimentación en un programa de análisis multivariado de datos, en este caso se usó SPSS 20 ®, versión de evaluación. El paquete informático incluye las pruebas de adecuación de muestra Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) y de esfericidad Bartlett, mismas que se muestran la tabla 4. El índice KMO es de 0.82, que estadísticamente es considerado como eficiencia ‘meritoria’, siendo que un valor de 0.6 es el mínimo aceptable. Por su parte, tener como resultado el nivel de significancia estadística (Sig.) aproximada a cero (menor a 0.05), se rechaza la hipótesis de que los datos no muestran una correlación, que de no rechazarse se presume de innecesaria realizarse un análisis de factores, siendo que el objetivo básico de este es analizar correlaciones entre un conjunto de datos.

Tabla 4. Prueba de tamaño de muestra adecuado (KMO) y de esfericidad (Bartlett)

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.820
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	107.760
	Df	15
	Sig.	.000

El análisis de factores tiene diversos métodos de extracción, mismos que depende del objetivo de uso. El método de extracción: análisis de componentes principales permite mostrar de una forma simplificada un conjunto de datos que estén correlacionados estadísticamente. Es decir que de las observaciones de las seis variables respuesta obtenidas, se pueden simplificar en cinco o menos componentes.

La varianza total explicada del análisis de componentes principales que se muestra en la tabla 5, indica que el primer componente explica el 64.29% de la variación total de las 6 variables respuesta analizada. Por lo que se considera estadísticamente ‘razonable’ la matriz de componentes mostrada en la tabla 6.

Tabla 5. Variación total explicada de primera experimentación con método de extracción: análisis de componentes principales

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.858	64.296	64.296	3.858	64.296	64.296
2	.818	13.630	77.926			

3	.655	10.919	88.845		
4	.283	4.723	93.568		
5	.197	3.280	96.848		
6	.189	3.152	100.000		

Tabla 6. Matriz de componentes con método de extracción: análisis de componentes principales

Component Matrix ^a	
	Component
	1
R1	.867
R2	.772
R3	.670
R4	.885
R5	.910
R6	.671

La tabla 6 da lugar al modelo multivariado de factores (punto 4.1.4 de la metodología) siguiente indicado en la ecuación 4.

$$y_j = 0.867R_{1j} + .772R_{2j} + 0.67R_{3j} + 0.855R_{4j} + 0.91R_{5j} + 0.671R_{6j} \quad (4)$$

Donde y lo definiremos como índice de tiro corto, R_{ij} la observación $j = 1, 2, \dots, 32$ de cada variable respuesta $i = 1, 2, \dots, 6$.

El producto de los coeficientes del modelo de la ecuación 4 con las 32 observaciones de las variables respuesta (R_j) se obtiene como resultado 32 modelos. Llevando a cabo la suma de cada uno de sus productos se obtiene la matriz de factores (punto 5.1.5) de la tabla 7.

Tabla 7. Matriz de factores de primera experimentación

Run	y_j	y_j	y_j	Run	y_j	Run	y_j
1	100.3347333	9	101.2392823	17	92.83271213	25	103.2625246
2	89.09456309	10	74.8825603	18	98.52323748	26	99.40967977
3	103.177866	11	101.5670646	19	92.36960979	27	103.5354984
4	99.7596162	12	76.06094449	20	97.05282816	28	95.25642402
5	103.5812897	13	104.4307337	21	81.9798475	29	73.12693405
6	104.7247145	14	102.9743773	22	103.3141017	30	104.1160897
7	81.57828827	15	100.5747694	23	103.5747357	31	94.02227615
8	99.53883336	16	102.3841897	24	103.8621591	32	102.6777743

Se realiza análisis de experimentos con la matriz de factores y_j de la tabla 7 en design expert 7® y obtenemos la gráfica Pareto que se muestra en la figura 3. Los efectos principales que afectan al tiro corto son: C, AK y ACM.

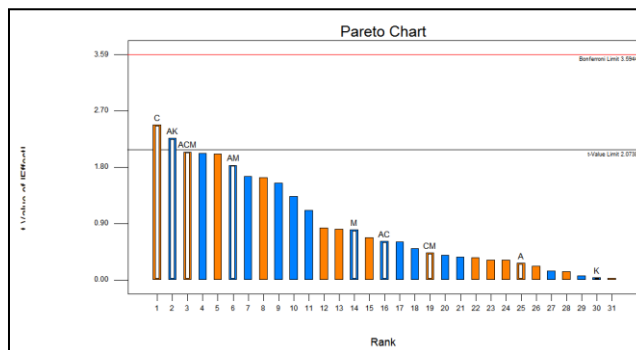


Figura 3. Gráfico Pareto de efectos para los resultados del análisis de factores de primera experimentación.

El segundo conjunto de pasos tiene por objetivo determinar aquella combinación que mejore significativamente el tiro corto del componente. Con los parámetros temperatura de tobera (A), temperatura en medio del tornillo (C), presión secundaria (K) y tiempo de enfriamiento (M), se conforma el segundo experimento. Con recursos disponibles para 16 tratamientos, se obtiene un diseño 2^4 entero. Los niveles de cada parámetro se mantienen, al igual que las variables respuestas. Esto conforma el punto 4.2.1 de la metodología propuesta.

Se realiza la experimentación (punto 4.2.2) con las mismas condiciones ambientales y se utiliza el programa design expert para la generación de las combinaciones y orden de experimentación. Se hacen las mediciones de cada tratamiento y las observaciones se capturan en el programa SPSS para el respectivo análisis de factores (punto 4.2.3).

Las pruebas KMO y de Bartlett correspondientes que se muestran en la tabla 8 indican que con un índice KMO de 0.708 es nuevamente 'meritorio'. A su vez el nivel de significancia toma un valor aproximado a cero. Esto nuevamente afirma que el modelo de factores resultante es estadísticamente adecuado.

Tabla 8. Prueba KMO y de Bartlett de segunda experimentación

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	.708
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square
	79.980
	Df
	15
	Sig.
	.000

De acuerdo con la tabla 9, el primer componente explica el 66.14% de la variación total.

Tabla 9. Variación total explicada de segunda experimentación con método de extracción: análisis de componentes principales

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.968	66.140	66.140	3.968	66.140	66.140
2	1.089	18.146	84.286			
3	.544	9.069	93.354			
4	.292	4.873	98.227			
5	.081	1.357	99.584			
6	.025	.416	100.000			

La matriz de componentes correspondiente se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Matriz de componentes de segunda experimentación con método de extracción: análisis de componentes principales

	Component
	1
Weight	.832
Volume	.982
Long_straight	.775
Straight_width	.528
Long_diameter	.780
Wide_diameter	.906

El modelo multivariado de factores correspondiente se muestra en la ecuación 5 (punto 4.2.4 de la metodología).

$$Y = 0.832R_1 + .982R_2 + 0.775R_3 + 0.528R_4 + 0.78R_5 + 0.906R_6 \quad (5)$$

El modelo de la ecuación 5 permite evaluar la calidad de la característica de tiro corto en función de un solo factor (Y). Los resultados correspondientes a las 16 mediciones del diseño experimental se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Matriz de factores de segunda experimentación

Run	y_j	Run	y_j	Run	y_j	Run	y_j
1	118.07619	5	122.30913	9	119.1309	13	118.06615
2	115.81033	6	93.44309	10	120.46655	14	117.911
3	120.05894	7	121.28943	11	120.34268	15	98.1477
4	122.07911	8	120.16564	12	118.12224	16	120.27285

Con los valores del factor Y se realiza el análisis del diseño de experimentos en design expert y obtenemos la gráfica Pareto que se muestra en la figura 4. Los efectos principales que afectan de forma significativa al tiro corto son: AC, B y BC.

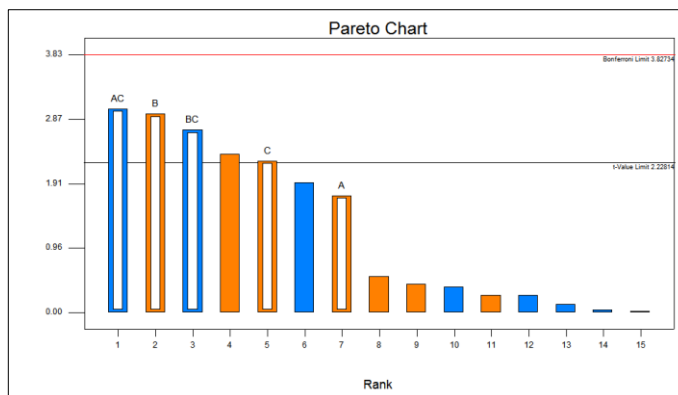


Figura 4. Gráfico Pareto de efectos para los resultados del análisis de factores de segunda experimentación

De acuerdo con el análisis de varianza de la tabla 12, el valor F de 6.65 correspondiente al modelo implica que es adecuado. Solo hay una probabilidad de 0.0056 de que la variación sea a causa del ruido. Los valores p menores que 0.05 son efectos significantes del modelo. Valores p mayores a 0.10 representan efectos insignificantes.

Tabla 12. ANOVA de la matriz de factores de la segunda experimentación

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	802.6349059	5	160.5269812	6.654811302	0.0056
A- Temp. tobera	72.64600364	1	72.64600364	3.011614886	0.1133
B: Temp. medio torn.	210.0101659	1	210.0101659	8.70618768	0.0145
C: Presión sec.	121.9995909	1	121.9995909	5.057618668	0.0483
AC	220.878078	1	220.878078	9.156728164	0.0128
BC	177.1010674	1	177.1010674	7.341907114	0.0219
Residual	241.2194334	10	24.12194334		
Cor Total	1043.854339	15			

A partir del análisis de variancia y de la estimación de los coeficientes del modelo lineal estadístico, se determina la función de predicción mostrada en la ecuación 6.

$$Y = 116.61 + 2.13 * A + 3.62 * B + 2.76 * C - 3.72 * A * C - 3.33 * B * C \quad (6)$$

Donde Y= índice de tiro corto en términos de valores factoriales obtenidos del análisis de factores, A= temperatura de tobera en °F, B= temperatura en medio del tornillo en °F, y C= presión secundaria en psi.

Para determinar la mejor solución al problema, se evalúan todas las posibles soluciones tomando en consideración los parámetros seleccionados los cuales se muestran en la tabla 13. La meta es tener una solución que genere un valor de Y igual o cercano a 121.289 correspondiente a un valor de Y de un componente moldeado conforme. La combinación de niveles de los parámetros que más se acerca es 121.25* correspondiente a A(-1), B(+1) y C(+1). Por tanto los valores de los parámetros solución son: temperatura de tobera = 342 °F, temperatura en medio del tornillo = 396 °F y presión secundaria = 440 psi.

Tabla 13. Tabla diseño 23 codificada y factores resultantes y_j

A	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
B	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1
C	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
y_j	101.05	112.75	114.95	126.65	120.67	117.49	121.25*	118.07

De acuerdo con el método de deseabilidad [54] que proporciona el design expert se tiene que la mejor solución propuesta anteriormente, tiene un índice de deseabilidad de 0.993 localizado en la figura 5 en el punto superior izquierdo en la zona roja.

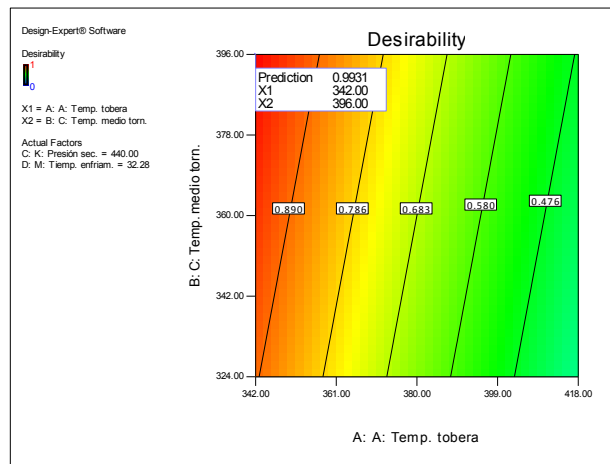


Figura 5. Predicción gráfica de solución propuesta

5 Conclusiones

Una forma de mejorar significativamente la calidad de componentes plásticos en procesos de moldeo por inyección es a través de la determinación de los valores de parámetros aplicado a la máquina. En este estudio contempla el análisis de 16 parámetros aplicando una metodología desarrollada que combina diseño factoriales para llevar a cabo dos experimentos, análisis multivariado factorial con método de extracción análisis de componentes principales para transformar un problema multi-objetivo en uno de objetivo único, análisis de varianza para generación de modelo que mejore el nivel de tiro corto en un componente plástico. Asimismo se utilizó método de función de deseabilidad como método de predicción en la aplicación de la solución propuesta.

La solución propuesta es la aplicación de los siguientes valores de tres parámetros controlables: temperatura de tobera = 342 °F, temperatura en medio del tornillo = 396 °F y presión secundaria = 440 psi.

Referencias

1. European Plastics News, <http://www.europeanplasticsnews.com/subscriber/newscat2.html?cat=1&channel=420&id=3482>
2. Kurt, M.; Saban, K. O.; Kaynak, Y.; Atakok, G.; Girit, O.: Experimental investigation of plastic injection molding: Assessment of the effects of cavity pressure and mold temperature on the quality of the final products. *Materials & Design*, 30, 3217-3224, (2009).
3. Hassan, H.; Regnier, N.; Defaye, G.: A 3D study on the effect of gate location on the cooling of polymer by injection molding. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 30, 1218-1229, (2009).
4. Alkaabneh, F.; Barghash, M; Mishael, I.: A combined analytical hierarchical process (AHP) and Taguchi experimental design (TED) for plastic injection molding process settings. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 66, 679-694, (2013).
5. Li, C.; Wang, F.-L.; Chang, Y.-Q; Liu, Y.: A modified global optimization method based on surrogate model and its application in packing profile optimization of injection molding process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 48, 505-511, (2010).
6. Shaharuddin, S.; Salit, M; Zainudin, E.: A Review of the Effect of Moulding Parameters on the Performance of Polymeric Composite Injection Moulding. *Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences*, 30, 23-34, (2006).
7. Gao, Y.; Wang, X.: An effective warpage optimization method in injection molding based on the Kriging model. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 37, 953-960, (2008).

8. Shaharuddin, S.; Salit, M.; Zainudin, E.: A Review of the Effect of Moulding Parameters on the Performance of Polymeric Composite Injection Moulding. *Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences*, 30, 23-34, (2006).
9. Chen, W.-C.; Wang, M.-W.; Chen, C.-T.; Fu, G.-L.: An integrated parameter optimization system for MISO plastic injection molding. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 44, 501-511 (2009).
10. Li, C.; Wang, F.-L.; Chang, Y.-Q.; Liu, Y.: A modified global optimization method based on surrogate model and its application in packing profile optimization of injection molding process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 48, 505-511, (2010).
11. Xia, W.; Luo, B.; Liao, X.-P.: An enhanced optimization approach based on Gaussian process surrogate model for process control in injection molding. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 56, 929-942, (2011).
12. Tzeng, C.-J.; Yang, Y.-K.; Lin, Y.-H.; Tsai, C.-H.: A study of optimization of injection molding process parameters for SGF and PTFE reinforced PC composites using neural network and response surface methodology. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 63, 691-704, (2012).
13. Shi, H.; Xie, S.; Wang, X.: A warpage optimization method for injection molding using artificial neural network with parametric sampling evaluation strategy. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 65, 343-353, (2013).
14. Zhao, P.; Zhou, H.; Li, Y.; Li, D.: Process parameters optimization of injection molding using a fast strip analysis as a surrogate model. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 49, 949-959, (2010).
15. Lee, C.-K.; Lin, P.-C.: Uniform Design and Kriging Surrogate Modeling in Improvement of Warpage and Ejection Time of an Injection Molded Plastic Spur Gear. In: Juang, J.; Chen, C.-Y.; Yang, C.-F. (eds.) ICITES 2013. Vol. 293, pp. 593-600. Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Technologies and Engineering Systems. Springer International Publishing.
16. Guo, W.; Hua, L.; Mao, H.: Minimization of sink mark depth in injection-molded thermoplastic through design of experiments and genetic algorithm. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72, 365-375, (2014).
17. Gao, R. X.; Tang, X.; Gordon, G.; Kazmer, D. O.: Online product quality monitoring through in-process measurement. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, (2014).
18. Alkaabneh, F.; Barghash, M.; Mishael, I.: A combined analytical hierarchical process (AHP) and Taguchi experimental design (TED) for plastic injection molding process settings. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 66, 679-694, (2013).

19. Wang, M.; Dong, J.; Wang, W.; Zhou, J.; Dai, Z.; Zhuang, X.; Yao, X.: Optimal design of medium channels for water-assisted rapid thermal cycle mold using multi-objective evolutionary algorithm and multi-attribute decision-making method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68, 2407-2417, (2013).
20. Meza, O.; Vega, E.; Pérez, E.: Influential factors on the outer lens color in an industrial injection molding process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 66, 455-460, (2013).
21. Juraeva, M.; Ryu, K. J.; Song, D. J.: Gate shape optimization using design of experiment to reduce the shear rate around the gate. *International Journal of Automotive Technology*, 14, 659-666, (2013).
22. Rajalingam, S. B.; J., J.; Jumat, S.: Identifying the Critical Moulding Machine Parameters Affecting Injection Moulding Process by Basic Statistical Process Control Tools. *International Journal of Engineering and Physical Sciences*, 6, pp. 358-364, (2012).
23. Guo, W.; Hua, L.; Mao, H.; Meng, Z.: Prediction of warpage in plastic injection molding based on design of experiments. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 26, 1133-1139, (2012).
24. Wu, L.; Yick, K.-L.; Ng, S.-P.; Yip, J.: Application of the Box–Behnken design to the optimization of process parameters in foam cup molding. *Expert Systems with Applications*, 39, 8059-8065, (2012).
25. Calaon, M. T.; G.; Hansen, H.; Ravn, C.; Islam, A.: Packing parameters effect on injection molding of polipropylene nanostructured surfaces. In: *Plastics: Annual Technical Conference Proceedings*. Society of Plastics Engineers, pp. 1867-1872, ANTEC, Denmark, (2012).
26. Akbarzadeh, A.; Sadeghi, M.: Optimization of shrinkage in Plastic injection molding process using statistical methods and SA algorithm. In: *FAN, W. (ed.) Mechanical and Aerospace Engineering*, Vol. 110-116, pp. 4227-4233, Trans Tech Publications Ltd., Stafa-Zurich, (2012).
27. Xia, W.; Luo, B.; Liao, X.-P.: An enhanced optimization approach based on Gaussian process surrogate model for process control in injection molding. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 56, 929-942, (2011).
28. Andrisano, A.; Gherardini, F.; Leali, F.; Pellicciari, M.; Vergnano, A.: Design Of Simulation Experiments method for Injection Molding process optimization. In: *International conference on Innovative Methods in Product Design*, pp. 476-486, Venice, (2011).
29. S., Rajalingam; Bono, A; Sulaiman, J. B.: Determining Optimal Moulding Process Parameters by Two Level Factorial Design with Center Points, (2011).
30. Mccreay, C.; Hazen, D.; Johnston, D.; Vanderwalker, D.; Kazmer, D. On-line optimization of injection molding. *Annual Technical Conference Proceedings*, 2011. In: *ANTEC Plastics*, Society of Plastics Engineers, pp. 1679-1685, (2011).

31. Lew, C. D.; C.; Claes, M.: Injection moulding of polymer-carbon nanotube composites. In: *Polymer-Carbon Nanotube Composites - Preparation, Properties and Applications*, pp. 155-192, Woodhead Publishing, (2011).
32. Park, H.-S.; Dang, X.-P.: Optimization of conformal cooling channels with array of baffles for plastic injection mold. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 11, 879-890, (2010).
33. Sun, C.-H.; Chen, J.-H.; Sheu, L.-J.: Quality control of the injection molding process using an EWMA predictor and minimum-variance controller. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 48, 63-70, (2010).
34. Mathivanan, D.; Parthasarathy, N. S.: Prediction of sink depths using nonlinear modeling of injection molding variables. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43, 654-663, (2009).
35. Yung-Tsan, J.; Wen-Tsann, L.; Wei-Cheng, L.; Tsu-Ming, Y.: Integrating the Taguchi Method and Response Surface Methodology for Process Parameter Optimization of the Injection Molding. *Applied Mathematics & Information Sciences*, 8, 1277-1285, (2014).
36. Kitayama, S.; Onuki, R.; Yamazaki, K.: Warpage reduction with variable pressure profile in plastic injection molding via sequential approximate optimization. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72, 827-838, (2014).
37. Hsieh, L.; Chang, K.-H.: Yield improvement on in-mold decoration manufacturing through parameter optimization. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 14, 1823-1828, (2013).
38. Wu, L.; Yick, K.-L.; Ng, S.-P.; Yip, J.; Kong, K.-H.: Parametric design and process parameter optimization for bra cup molding via response surface methodology. *Expert Systems with Applications*, 39, 162-171, (2012).
39. Minaei-Zaim, M.; Ghasemi, I.; Karrabi, M.; Azizi, H.: Effect of injection molding parameters on properties of cross-linked low-density polyethylene/ethylene vinyl acetate/organoclay nanocomposite foams. *Iranian Polymer Journal*, 21, 537-546, (2012).
40. Jung, W.; Ra, J.; Park, K.: Design optimization of ultrasonic horn for micro-pattern replication. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 13, 2195-2201, (2012).
41. Attia, U.; Alcock, J.: Evaluating and controlling process variability in micro-injection moulding. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 52, 183-194, (2011).
42. Chen, C.-C.; Su, P.-L.; Lin, Y.-C.: Analysis and modeling of effective parameters for dimension shrinkage variation of injection molded part with thin shell feature using response surface methodology. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 45, 1087-1095, (2009).

43. Mathivanan, D.; Parthasarathy, N. S.: Prediction of sink depths using nonlinear modeling of injection molding variables. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43, 654-663, (2009)
44. Pulido, H. G.; De La Vara Salazar, R.; Carrasco, A. C.; Sánchez, M. O.: Análisis y diseño de experimentos, Mc Graw-Hill, (2008).
45. Spina, R.; Walach, P.; Schild, J.; Hopmann, C.: Analysis of lens manufacturing with injection molding. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 13, 2087-2095, (2012).
46. Montgomery, D.: Design and analysis of experiments, Hoboken, NJ, John Wiley & Sons, Inc., (2013)
47. Myers, R. H.; Montgomery, D. C.; Anderson-Cook, C. M.: Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments, Wiley, (2009).
48. Bappa, A.; Arunanshu, S. K.; Souren, M.; Dipten, M.: Modeling and analysis of simultaneous laser transmission welding of polycarbonates using an FEM and RSM combined approach, *Optics & Laser Technology*, 44, 995-1006 (2012).
49. Paventhan, R.; Lakshminarayanan, P. R.; Balasubramanian, V.: Prediction and optimization of friction welding parameters for joining aluminum alloy and stainless steel, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 21, pp. 1480-1485 (2011).
50. Rajamurugan, T. V.; Shanmugam, K.; Rajakumar, S.; Palanikumar, K.: Modelling and analysis of thrust force in drilling of GFRP Composites using Response Surface Methodology (RSM), *Procedia Engineering*, 38, pp. 3757-3768. (2012).
51. Johnson, R. A.; Wichern, D. W.: Applied Multivariate Statistical Analysis, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, (2012).
52. Härdle, W. K.; Simar, L.: Applied Multivariate Statistical Analysis, Springer, Berlin, (2012).
53. G. E. P. Box, K. B. Wilson, On the Experimental Attainment of Optimum Condition, *Journal of the Royal Statistic Society*, 13, 1-45 (1951).
54. Pullido, H., De la Vara, S., Carrasco, A. y Sánchez, M.: Análisis y Diseño de Experimentos. Mc Graw-Hill (2008).

Rediseño del Flujo de Materiales en los Procesos de Recepción y Ubicación en un Almacén de Materias Primas

Luis Felipe Romero Dessens¹, Pedro David Sánchez Pérez¹, Johana Esthela Salcido Montoy², Fausto Jerez León², Gloria Paola Ortiz Espinoza¹

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

lromero@industrial.uson.mx, pedro.sanchez@live.com.mx

²AMP Amermex, Departamento de Mejora Continua TEOA, Ave. Obrero Mundial No.9, Parque Industrial Dynatech Col. El Sahuaro, C.P. 83200 Hermosillo, Sonora, México.

johana.salcido@te.com, fausto.jerez@te.com, gortiz@te.com

Resumen. El objetivo del presente documento es efectuar un análisis de los procesos de almacén en las actividades de recepción, inspección y almacenamiento de los materiales para generar e implementar acciones que permita agilizar el flujo de materiales e información. Se llevan a cabo una serie de etapas que son el diagnóstico, análisis y rediseño; con el objetivo de identificar áreas de oportunidad y determinar los procesos críticos para mantener un flujo adecuado. Dentro de las etapas, se analiza, implementa y evalúan dos metodologías para mejorar el flujo de material e información, la primera es la aplicación de herramientas de manufactura esbelta y la otra es diseño de instalaciones. Ambas presentan resultados positivos similares, se ha disminuido los tiempos de procesamiento entre un 35 a 60% en el flujo de las actividades de recepción, inspección y ubicación.

Palabras clave: Manufactura Esbelta, Distribución de Instalaciones, Flujo de Material, Almacén, Manejo de Material.

1 Introducción

Hace algunas décadas, la supervivencia de las industrias de fabricación se basaba principalmente en la cantidad de productos que eran capaces de manufacturar, para después, introducirlos al mercado. Hoy en día, esta situación ha experimentado enormes cambios, promovidos por la ciencia y el desarrollo de tecnología en un mercado competitivo [1]. En el contexto actual, la competencia de negocios del siglo XXI ya no es sólo entre las empresas, es entre las cadenas de suministro [2]. La gestión de la cadena de

Luis Felipe Romero Dessens, Pedro David Sánchez Pérez, Johana Esthela Salcido Montoy, Fausto Jerez León y Gloria Paola Ortiz Espinoza, *Rediseño del Flujo de Materiales en los Procesos de Recepción y Ubicación en un Almacén de Materias Primas*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Eliás, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 37-51, 2014.

suministro (GCS) ha sido aceptada como una alternativa para mejorar el poder competitivo [3], además en el moderno proceso de la cadena de suministro, los productos deben ser entregados a los clientes en menor tiempo y con el mínimo de desperdicios posible. Esto tiene un impacto directo sobre la organización y gestión del almacén[4]. Es un elemento y factor clave en la GCS, y juega un papel vital en el éxito o fracaso de la empresa [5].

El objetivo del documento es efectuar un análisis de los procesos de almacén en las actividades de recepción, inspección y almacenamiento de los materiales para generar e implementar acciones que permita agilizar el flujo de materiales e información. Se plantea una serie de etapas, basadas en el diagnóstico, análisis y rediseño, para identificar áreas de oportunidad y determinar los procesos críticos para mantener un flujo adecuado. La estructura del artículo inicia con el marco teórico en el cual se presenta una introducción del almacén, manufactura esbelta (ME) y diseño de instalaciones (DI). Luego se explican los materiales y métodos que se utilizaron. Posteriormente se plantean los principales resultados con su debida discusión, finalmente se desarrollan las conclusiones.

2 Marco Teórico

El flujo es el parámetro más importante de un sistema de producción; casi todas las mejoras se reflejan directamente en el flujo del proceso de una planta, que impacta directamente en los costos de la organización[6]. Para lograr un flujo adecuado de material, es importante la selección indicada de sistema de manejo de materiales y herramientas de ME[7]. Es por ello que las industrias de casi todo el mundo [6] han estado tratado de adoptar ME, a fin de mantener su competitividad en un mercado global [8]. Por otra parte, DI y manejo de material (MM) afectan a la productividad y la rentabilidad de una empresa más que cualquier otro diseño corporativo [9]. Un buen DI puede suavizar el flujo de material, reducir el trabajo en proceso, disminuir el tiempo de ciclo, y contribuir a la eficiencia global de los sistemas de producción [10].

2.1 Almacén

El almacenamiento es una parte integral de la cadena de suministro que contribuye en la entrega eficiente de las mercancías para el cliente[11]. Es un lugar donde los materiales y productos son recibidos, transferidos, resguardados, adquiridos (preparación de pedidos), ordenados, clasificados, y embarcados [12]. También añade que el problema de gestión de almacenes no ha recibido mucha atención en la literatura. La gestión eficaz del almacén ayuda en la reducción del costo de inventario y el tiempo de ejecución de la entrega [13, 14]. Los investigadores se han dado cuenta de la importancia del almacenamiento en la gestión de la cadena de suministro y se destaca que se le debe dar la misma importancia que el proceso de fabricación.

Nehzati et al. [15] indica que el almacén comprende tres procesos principales: recepción de los productos, almacenamiento hasta que se demanden y recuperación de pedidos. Mientras que otros autores señalan cuatro funciones principales del almacén, es decir, recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y envío [16]. El primer proceso es el de recepción, cuando un artículo llega, las cantidades son verificadas y controles aleatorios de calidad se realizan en el material recibido. En el proceso de almacenamiento, los elementos se colocan en los lugares destinados. El proceso de preparación de pedidos se refiere a la recuperación del material de sus lugares de almacenamiento para satisfacer los pedidos del cliente. En el proceso de embarque, los pedidos se comprueban, embalan y, finalmente, se transportan al cliente[17].

La actividad de recepción incluye la descarga de los productos de la compañía de transporte, la actualización del registro de inventario, la inspección para verificar la cantidad o la calidad [18]. Después de que los productos han llegado a un almacén, la inspección y las operaciones de recepción pueden llevar a la congestión o el retraso adicional, aumentar la varianza del tiempo de transporte interno para la siguiente operación de almacén [19] y provocar un incremento en el tiempo de procesamiento. Almacenar implica la transferencia de los productos recibidos a ubicaciones de almacenamiento. También puede incluir el re-embalado, y los movimientos físicos [18]. Almacenar es una operación crítica, ya que determina la eficiencia y el costo de la recuperación, y representa alrededor del 15% de los costos operativos del almacén. Además, almacenar por secuenciado y por lotes puede mejorar la eficiencia[19].

2.2 Manufactura Esbelta y sus Herramientas

ME es un paradigma de fabricación basado en la eliminación de los desperdicios [20]. ME significa "producir exactamente lo que el cliente quiere, en el momento correcto, a un precio justo y con mínimo desperdicio"[21]. También se puede ver a ME como un conjunto de herramientas que ayudan a la identificación y eliminación de los desperdicios, y de manera implícita mejora la calidad, el tiempo de producción y el costo [22]. En pocas palabras, esbelta significa manufactura sin desperdicio; y la aplicación de ME se centra en conseguir los elementos correctos, en el lugar adecuado, en el momento indicado, en la cantidad exacta, para así, conseguir un flujo de trabajo apropiado, tener un sistema flexible y capaz de cambiar la configuración de trabajo [23].

A continuación se describen brevemente las herramientas de ME, primeramente tenemos a la herramienta de mapeo de la cadena de valor (VSM, siglas en inglés, value stream mapping), que se utiliza para mostrar gráficamente el proceso de producción. Además de los flujos de materiales, también se trazan los flujos de información que indican y controlan la producción [20]. Por otra parte, VSM se centra en el valor en el contexto de lo que el cliente está dispuesto a pagar o lo que hace que el aumento de la satisfacción del cliente de los productos[24].

La siguiente herramienta es 5S's, es uno de los fundamentos de ME. Establece la disciplina del orden, la limpieza y el control visual. Es un requisito previo para muchas de

las técnicas más avanzadas. Por lo general, se ahorra tiempo (reduce los traslados y búsqueda de herramientas y materiales), y también podría liberar espacio [25]. 5S's es una de las herramientas más útiles de la ME [24, 26]. El nombre 5S's se deriva de la primera letra de las cinco palabras japonesas: seiri, seiton, seison, seiketsu y shitsuke.

Otra herramienta es instrucción de trabajo, trabajo estándar o procedimiento estándar operativo se refiere a la documentación de los procesos operativos con el fin de llevarlas a cabo de la misma manera [25], es decir, indica claramente el contenido, la secuencia, el momento y el resultado de todas las acciones de los trabajadores [27]. La estandarización de procesos se logra con hojas de trabajo normalizado que describen los pasos para cada proceso [28]. Además, el trabajo estandarizado elimina la variación en la forma que los trabajadores realizan sus tareas [27] y por lo general reduce el tiempo que se necesita para realizar las operaciones [25].

Por otra parte, en un ambiente de ME, los controles visuales son esenciales para facilitar las actividades de trabajo eficaces. Los sistemas visuales pueden hacer la información compleja en simple, proporcionando los trabajadores la situación actual, medidas de rendimiento fáciles de usar que comunican los resultados en tiempo real [29], siendo esta otra herramienta de la ME. Los sistemas visuales son una forma de comunicación y se pueden utilizar para dirigir el flujo e identificar problemas, necesidades, estados de trabajo con una mínima interacción por parte de una persona [26]. Los sistemas visuales ayudan a garantizar la entrega a tiempo de productos de calidad que cumplan con las especificaciones y demandas de los clientes [29].

Por último, otra herramienta, es Kaizen que significa mejora continua [24, 26, 30, 31]. Es el método más conocido de mejora permanente que se basa en el pensamiento creativo de los empleados [32]. Kaizen proporciona un marco de trabajo para que las personas se involucren en el esfuerzo de mejorar continuamente [24]. Kaizen exige interminables esfuerzos por mejorar, invitando a todos y cada uno en la organización a participar [26, 31]. El objetivo de Kaizen es la reducción de costos mediante la eliminación de los desperdicios en todos los niveles del proceso de fabricación [26] y tomando en consideración siempre el costo-beneficio de cada una de las mejoras.

2.3 Diseño de Instalaciones y Manejo de Material

Diseño de instalaciones de manufactura se define como “la organización de las instalaciones físicas de la compañía con el fin de promover el uso eficiente de sus recursos, como personal, equipo, materiales y energía” [33]. DI aborda la asignación de las máquinas/departamentos en una instalación con el objetivo de reducir el costo de manejo de materiales (CMM) [34].

En la distribución de las instalaciones del almacén, para encontrar la mejor ubicación para la asignación de los bienes y productos, es importante reducir al mínimo el transporte de carga y descarga de los muelles, así como el transporte hacia las líneas de producción. Como resultado, los productos compiten por áreas de almacenamiento que están más cerca de los muelles y del área de producción. Una distribución del almacén de éxito,

además de almacenar materiales, debe alcanzar los siguientes objetivos: maximizar el uso del espacio, el uso de los equipos y mano de obra, entre otros [15].

Un criterio importante que pueden afectar la distribución de las instalaciones es el CMM[35], y es el factor más importante para determinar la eficiencia de la distribución de las instalaciones y que comprende entre el 20 y 50% del total de los costos de funcionamiento y del 15 al 70% del costo total de los productos manufacturados [36]. Por su parte, el MM ocasiona aproximadamente, entre el 40 y el 80% de todos los costos de producción[33, 35]. Además, un diseño inadecuado aumenta el tiempo de circulación, provoca la acumulación de trabajo en proceso, y hace el control de calidad difícil[9, 35].

3 Materiales y Métodos

En esta sección se presenta una descripción de la secuencia de actividades, herramientas y técnicas que se aplicaron para lograr el objetivo planteado.

3.1 Diagnóstico del Almacén

La primera etapa fue la realización un diagnóstico que permitió conocer y comprender la situación actual del flujo de materiales e información. Dentro de las herramientas y técnicas que se emplean en el diagnostico se incluye: la observación, estudio de tiempos [37], análisis de distancia de recorridos [38], diagrama de flujo, entre otras. El primer paso que se efectuó, fue discriminar las actividades principales y secundarias que se realizan en el almacén, así como los respectivos tiempos que se requieren para llevar a cabo cada actividad. Los procesos fueron documentados mediante diagramas de flujo. Después se realizó el plano de las instalaciones del almacén.

3.2 Análisis de la Información

Una vez recopilada la información, lo siguiente es hacer un análisis con el fin de identificar áreas de oportunidad en los procedimientos de trabajo, en la comunicación entre los sistemas de información y la distribución del almacén. Este análisis se trabajó en mayor parte con los datos obtenidos del diagnóstico, los resultados se muestran en la tabla 1. Además, se desarrollaron mapas de cadena de valor [27, 39, 40] y planeación sistemática de la distribución [38, 41].

Tabla 1.Resumen los resultados obtenidos del diagnóstico.

Valor agregado	Descripción	Minutos
	Proceso de Recepción (recibo)	8
	Proceso Almacenamiento (ubicación)	3.5
	Proceso Inspección	36.5
Indicadores de recepción, inspección y almacenamiento		Horas
	Tiempo de recepción a ubicación	17
	Tiempo de recepción a inspección	47
	Tiempo de inspección a ubicación	29.5
	Cantidad de material recibido	34
	Cantidad de material liberado	15
	Cantidad de material ubicado	19

En la tabla 1 se muestran los indicadores que se seleccionaron para medir la eficiencia de los procesos de almacén, además que ayudarán a construir la situación actual. Estos son de vital importancia porque en conjunto describe el flujo de material e información. Estas medidas de desempeño se vacían en el VSM, donde se podrá apreciar de una manera sistemática el flujo de información y material. En la figura 1 se presenta el VMS de los procesos de recepción, inspección y almacenamiento.

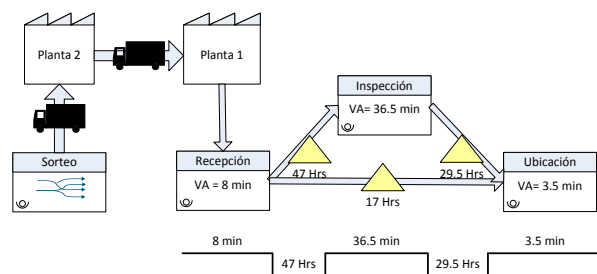


Figura 1. VSM de los procesos de recepción, inspección y ubicación.

Como se muestra en la figura 1, los materiales son recibidos en Tucson, Arizona; donde se sortean y consolidan dependiendo del destino al que se dirigen. Los materiales se mandan a planta dos, después a planta uno, al llegar a esta planta el material se recibe, si en el sistema aparece el código 902, directamente se procede a ubicar (almacenar) dicho material, en cambio, si aparece el código QA1, el material se traslada al área de inspección, se verifica las características que se indican en el plan de inspección, y una vez que el material cumple con los estándares establecidos, se procede a ubicarlo, el método de asignación de la ubicación de los materiales es aleatoria, el primer lugar disponible ahí lo localizan.

Este conjunto de procesos es importante debido a que cuando el material está ubicado, el planeador puede disponer de él. De lo contrario, el planeador no puede disponer de la materia prima aunque ya esté en la planta, provocando un atraso en los tiempos establecidos para la entrega del producto final. Cabe destacar que los tiempos que se observan en la figura 1 en recepción-inspección, inspección-ubicación y recepción-ubicación son altos, por lo que estos procesos son el cuello de botella, y la base principal de investigación del presente documento. Un detalle importante es que cuando el material esté disponible por control de producción, es apenas el inicio del proceso de preparación de pedidos.

3.3 Rediseño e Implementación

Finalmente, se formulan varias alternativas, cada una de las propuestas se detalla para después ser evaluadas con el fin de verificar la factibilidad y viabilidad de la implementación, las que se consideren apropiadas se desarrollan. Las alternativas que

sean aprobadas para realizarse serán integradas en el plan de trabajo. El plan de trabajo debe indicar de manera detallada quiénes son los responsables de dar seguimiento a cada oportunidad identificada, las acciones que se tienen que realizar y las fechas de entrega de reportes. En esta etapa se usa 5S's, estándar de trabajo, fábrica visual y balanceo de líneas [42, 43], entre otras.

Para el rediseño, se llevó a cabo un evento Kaizen, el primer paso fue desarrollar una presentación donde se expone el diagnóstico y análisis efectuados, después se seleccionaron a las personas que deberían de estar involucrada. Los integrantes principales de esta son los almacenistas encargados de realizar estos procesos, seguido de los supervisores, el subgerente del área y la analista de mejora continua.

En total se efectuaron solo tres reuniones. En la primera reunión se explicó el propósito del proyecto, el diagnóstico y análisis, se detectaron áreas de oportunidad, se presentaron propuestas, y se elaboró el plan de trabajo donde a cada participante se le asignó las responsabilidades correspondientes a las actividades que realiza en su trabajo. El resultado de esta reunión forma parte de la tabla 2.

Tabla 2. Relación de las necesidades, mejoras y proyectos de recepción y ubicación.

Necesidad	Mejora	Proyecto
1.- Documentación del trabajo (proceso estándar)	Hojas de instrucción, diagrama de flujo	Trabajo estandarizado
2.- Material con problemas, no se documenta la solución y se vuelve a invertir tiempo en resolverlo	Elaborar hojas de instrucción, diagrama de flujo	Trabajo estandarizado
3.- Cada quién hace el trabajo de manera diferente	Elaborar hojas de instrucción, diagrama de flujo	Trabajo estandarizado
4.- Nadie se hace responsable al 100% de la recepción del material	Distribución de tareas y responsabilidades	Re diseño del trabajo
5.- Material sin plan de inspección (cancelación de recibo y generación de una nueva documentación)	Hacer QIP antes de que el material llegue a las instalaciones	Re diseño del trabajo
6.- Problemas de material que llega sin certificado de conformidad (por parte del proveedor)	Políticas y comunicación cliente-proveedor	Re diseño del trabajo
7.- Utilizar etiqueta del proveedor (sólo validar), en vez de generar una nueva	Políticas y comunicación cliente-proveedor	Re diseño del trabajo
8.- Sorteo del material en edificio 874- 860 y 925- G88 al día siguiente se manda a recibo planta 1	Transporte Directo	Logística
9.- Material InterCo no debería de pasar por inspección, ya que se libera automáticamente	Modificaciones en el sistema	Re diseño flujo
10.- No se visualiza material para inspeccionar, liberado y en espera.	Establecer y delimitar áreas	Fábrica visual
11.- Deficiencia en la comunicación entre recibo e incoming (Fábrica visual 5's +1, buzones, area de hold)	Re diseño de la distribución y limitación de áreas	Fábrica visual, re diseño
12.- Distancia entre recepción e inspección	Disminuir distancia	Re diseño de instalaciones
13.- Distancia entre recepción y localización	Disminuir distancia	Re diseño de instalaciones
14.- Uso deficiente del espacio disponible	Distribución del área de trabajo	Re diseño de instalaciones

Cabe mencionar que antes de implementar cualquier mejora, se comenzó con la una pequeña plática y aplicación de 5S's, abarcando los primeros 3 puntos (ordenar, organizar y limpiar), y en el transcurso de la investigación se trató de realizar los otros dos puntos (estandarizar y sostener). A continuación se explica el trabajo realizado en cada punto expuesto en la tabla 2, que abarca los procesos de recibo, inspección y ubicación. Para los primeros cuatro puntos se abordaron con el método de trabajo estandarizado. En la segunda reunión se presentó los resultados del trabajo estandarizado, se discutió sobre el

44 Luis Felipe Romero Dessens, Pedro David Sánchez Pérez, Johana Esthela Salcido Montoy, Fausto Jerez León, Gloria Paola Ortiz Espinoza

progreso de los siguientes cinco puntos (puntos del 5 al 9), y se mencionaron los recursos que se necesitaban para poder concluir o dar solución. En la tercera reunión se presentaron estos avances y se asignaron responsables para los puntos 10 y 11. Para estos se asignaron y delimitaron áreas y se implementó fábrica visual. Las presentaciones visuales son de ayuda para identificar y tomar acción oportuna para eliminar problemas de producción; facilitar el flujo dentro de la planta, crear un efecto “estatus a simple vista”; proporciona una ayuda visual como un proceso de comunicaciones para facilitar la reacción a una desviación de proceso o anomalía. La Fábrica visual debe explicarse, controlarse y mejorarse a sí misma.

Los últimos tres puntos correspondientes a rediseño de instalaciones se trabajó con la técnica de planeación sistemática de la distribución de planta, donde se determinó el flujo, se estableció las relaciones de las actividades, se elaboró un diagrama de relaciones, se contemplaron requerimientos de espacio y conforme al espacio disponible se realizó un diagramas de relaciones de espacio, por último se consideraron las limitaciones prácticas para desarrollar propuestas de distribuciones, las cuales se evaluaron tomando como parámetro el flujo del material e información.

Además se establecieron unos indicadores acerca del desempeño del trabajo colaborativo entre recibo e inspección, donde la meta es recibir y ubicar el material en menos de 12 horas; en cuanto el material que pasa por inspección es recibir, inspeccionar y ubicarlo en menos de 36 horas.

4 Resultados y Discusión

Como se describe anteriormente el proceso de recepción, inspección y ubicación, se retoma nuevamente. Como se visualiza en la figura 1, los tiempos de interacción entre las actividades Recepción-Inspección, Inspección-Ubicación y Recepción-Ubicación, equivale a 47, 29.5 y 17 horas respectivamente, sobrepasan las metas establecidas. Estos tiempos obtenidos con el flujo actual de material están fuera de lo deseado por la organización, por esta razón se implementaron las mejoras descritas anteriormente, excepto el rediseño de instalaciones. En la figura 2 se plasman los resultados.

En la figura 2 se observan que los tiempos de interacción entre las actividades Recepción-Inspección, Inspección-Ubicación y Recepción-Ubicación, equivale a 20, 12 y 9 horas en promedio respectivamente.

En el mes de Diciembre se hizo una reestructuración del diseño de las instalaciones del 100% de la planta, logrando así hacer dos evaluaciones más. La evaluación de referencia es comparar los indicadores que representan el flujo de material en el período de tiempo de Marzo-Agosto del 2013 con respecto al período de Septiembre-Noviembre del 2013 (con las mejoras implementadas de 5S's+1, trabajo estandarizado, fábrica visual, rediseño del trabajo, eventos Kaizen).

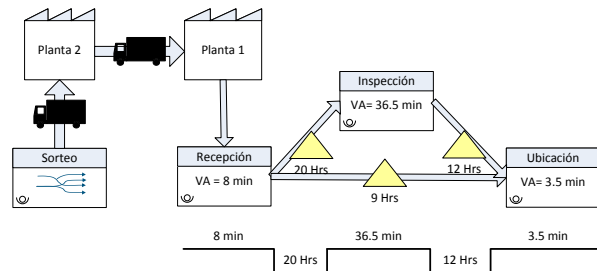


Figura 2. VSM después de la implementación de ME.

Una nueva evaluación es comparar los indicadores del período Marzo-Agosto del 2013 con respecto Enero-Marzo del 2014 (utilizando solamente rediseño de instalaciones). Y otra evaluación es comparando los indicadores de los períodos Septiembre-Noviembre del 2013 y Enero-Marzo del 2014. Esta última es la más interesante, ya que se comparan dos metodologías, una es implementación de mejoras obtenidas a partir de un evento Kaizen (utilizando las herramientas de ME) y la otra es utilizando planeación sistemática para la distribución (DI). En la figura 3 se muestran los resultados obtenidos en el período de tiempo de Enero-Marzo del 2014, tomando en consideración el rediseño de la distribución.

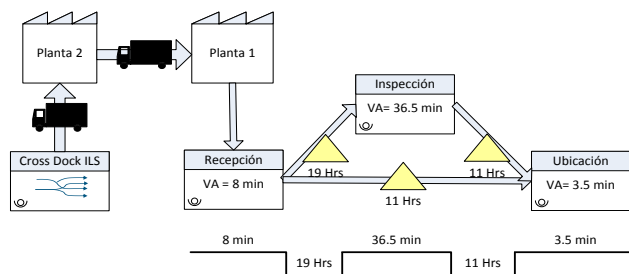


Figura 3. VSM después del rediseño de la distribución del almacén.

En la figura 3 se observan que los tiempos de interacción entre las actividades Recepción-Inspección, Inspección-Ubicación y Recepción-Ubicación, equivale a 19, 11 y 11 horas en promedio respectivamente.

Como se puede apreciar en la figura 2, con la realización e implementación de los proyectos de trabajo estandarizado, rediseño del trabajo, 5's+1 y fabrica visual, se observa una fuerte reducción de los tiempos entre las tres actividades. Para analizar los ahorros

en los tiempos con la implementación de las mejoras se presenta la tabla 3, está nos indica que entre la actividad de recibir y ubicar el material, de acuerdo con el diagnóstico se transcurrían en promedio 17 horas, este tiempo se redujo en un 47%. También en la tabla 3, se indica que el tiempo entre la actividad de recepción y liberación del material de inspección consumía 47 horas, el cual se redujo a tan solo 20 horas, y por último, el tiempo entre la liberación del material y la ubicación en el sistema se redujo en un 59%, equivalente a 12 horas en promedio.

Tabla 3. Tiempos entre los procesos de recepción, inspección y ubicación con ME.

Descripción (tiempo en horas)	Marzo-Agosto (referencia)		Septiembre-Noviembre		Ahorro en tiempo
	Media	Desviación	Media	Desviación	
Tiempo en horas de recepción a ubicación	17	7	9	2	47.06%
Tiempo en horas de recepción a inspección	47	16	20	8	57.45%
Tiempo en horas de inspección a ubicación	29.5	9	12	4	59.32%

A continuación se presenta la tabla 4 donde se plasman los resultados solamente con el rediseño de instalaciones. Cabe destacar que cuando se efectuó el rediseño no se implementaron las herramientas de 5S's, trabajo estandarizado o fábrica visual, incluso se incorporó personal de nuevo ingreso a estos departamentos de recepción, inspección y ubicación. En la tabla 4 se compara los indicadores obtenidos en el período Marzo-Agosto con respecto Enero-Marzo, en la cual existe una reducción de los tiempos entre las actividades, que van del 35% al 63%.

Tabla 4. Tiempos entre los procesos de recepción, inspección y ubicación, con rediseño.

Descripción (tiempo en horas)	Marzo-Agosto (referencia)		Enero-Marzo		Ahorro en tiempo
	Media	Desviación	Media	Desviación	
Tiempo en horas de recepción a ubicación	17	7	11	4	35.29%
Tiempo en horas de recepción a inspección	47	16	19	5	59.57%
Tiempo en horas de inspección a ubicación	29.5	9	11	4	62.71%

Ahora bien, la implementación de las soluciones obtenidas en los eventos Kaizen funcionó de manera similar al rediseño de instalaciones. En la tabla 5 se resume los resultados de la primera fase (utilizando ME) y segunda fase (utilizando rediseño de instalaciones).

Tabla 5. Comparación de los tiempos entre procesamiento de la primera y segunda fase.

Descripción (tiempo en horas)	Septiembre-Noviembre		Enero-Marzo		Ahorro en tiempo
	Media	Desviación	Media	Desviación	
Tiempo en horas de recepción a ubicación	9	2	11	4	-22.22%
Tiempo en horas de recepción a inspección	20	8	19	5	5.00%
Tiempo en horas de inspección a ubicación	12	4	11	4	8.33%

De los resultados de la tabla 5 se efectuaron prueba de hipótesis para las medias y las varianzas de las muestras obtenidas. Para el caso de las medias, en ningún caso existe suficiente evidencia significativa que nos llevará a concluir que los tiempos promedios de las actividades después de las mejoras no son similares. Por otra parte en el caso de las varianzas, donde la hipótesis H_0 es que las varianzas son iguales, y H_1 es que las varianzas no son iguales, para la interacción entre recepción y ubicación, existe suficiente evidencia estadística para concluir que las varianzas no son similares (el tamaño de la muestra es igual para los dos grupos, es $n=13$, n es el número de semanas del período a evaluar). También se hizo prueba de hipótesis entre las varianzas de las distintas interacciones (Recepción-Ubicación, Recepción-Inspección, Inspección-Ubicación) en el mismo período. Evidentemente, en el período de Septiembre-Noviembre todas las pruebas de hipótesis conducían a concluir que las varianzas no eran similares. Mientras que en el período de Enero-Marzo, las pruebas de hipótesis conducían a concluir que las varianzas no eran diferentes.

Lo importante a discusión con la prueba de hipótesis es resaltar lo siguiente, en cuestión de promedios, cualquiera de las dos metodologías a utilizar, ya sea ME o DI, deberían de tener un efecto positivo e inclusive similar en el flujo de material e información. De la interacción de los procesos anteriores Recepción-Ubicación, Recepción-Inspección e Inspección-Ubicación, la más complicada es Recepción-Inspección, debido a que involucra a dos áreas y los procedimientos en ambos llevan muchos pasos. Después le sigue la interacción Inspección-Ubicación, ya que involucra el trabajo en equipo entre dos áreas. Y la interacción más fácil es la de Recepción-Ubicación, porque lo hace un mismo almacenista. Esta caracterización de la complejidad del trabajo se expone para contextualizar la explicación de las hipótesis de varianzas. Si se analiza las desviaciones estándar de la primera fase, se infiere que entre más complejo es el proceso, la desviación crece al doble.

5 Conclusiones y Recomendaciones

En este documento se estableció una metodología para abordar problemas de flujo de material e información. Antes de empezar a aplicar herramientas, técnicas, o implementar soluciones es importante efectuar un diagnóstico que permita conocer el estado actual del sistema con el que se va a trabajar. Después se deben seleccionar métodos y técnicas de análisis, que proporcionen sentido a los datos y resalten las áreas de oportunidad. En base a los resultados de las etapas de diagnóstico y análisis se decidió abordar el problema del flujo de material mediante dos métodos distintos, ME y DI. Ambos métodos están bien fundamentados en la literatura, y es conocido que ayudan a agilizar el flujo, por esta razón se decidió implementar y evaluar los métodos de manera separada.

Efectivamente, al aplicar las herramientas de ME y DI se agilizó el flujo de material en los procesos de recepción, inspección y ubicación. Por medio de prueba de hipótesis se compararon estos resultados y no se obtuvo evidencia estadística que un método ofreciera

mayor agilización que otro, para efectos de este estudio. También se analizaron y evaluaron las varianzas entre los períodos y dentro de los períodos, los resultados mostraron que las herramientas de ME ayudan a reducir eficientemente las variaciones en los flujos entre los procesos más sencillos, pero el flujo en los procesos más complejos, altas variaciones podrían seguir presentes. Mientras que DI, no reduce tan eficientemente las variaciones, pero ayuda a homogenizar las varianzas del flujo entre los procesos. Por lo tanto se plantea la posibilidad de abordar los problemas de agilización de flujo por medio de la integración de ME y DI, la finalidad de no sólo agilizar el flujo, sino también de minimizar y homogenizar las variación entre los procesos.

Referencias

1. B. M. Deros, N. Mohamed, N. Saibani, and N. Rahman, "Improving Teaching and Learning Effectiveness Through Customer's Feedback," *SBSPRO Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 60, pp. 196-205, 2012.
2. Y. Hongjuan and Z. Jing, "The Strategies of Advancing the Cooperation Satisfaction among Enterprises Based on Low Carbon Supply Chain Management," *Energy Procedia*, vol. 5, pp. 1225-1229, 2011.
3. H. J. Hwang and J. Seruga, "An intelligent supply chain management system to enhance collaboration in textile industry," *International Journal of u- and e-Service, Science and Technology*, vol. 4, pp. 47-62, 2011.
4. P. Baker and M. Canessa, "Warehouse design: A structured approach," *European Journal of Operational Research*, vol. 193, pp. 425-436, 2009.
5. P. Baker and M. Canessa, "Warehouse design: A structured approach," *European Journal of Operational Research*, vol. 193, pp. 425-436, 2009.
6. I. Alvarado, Alejandro, J. L. Garcia-Alcaraz, M. I. Rodriguez-Borbon, and A. Maldonado, "Optimization of the material flow in a manufacturing plant by use of artificial bee colony algorithm," *Expert Systems with Applications*, 2013.
7. J. Green, J. Lee, and T. Kozman, "Managing lean manufacturing in material handling operations," *International Journal of Production Research*, vol. 48, pp. 2975-2993, 2010.
8. A. R. Rahani and M. al-Ashraf, "Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study," *PROENG Procedia Engineering*, vol. 41, pp. 1727-1734, 2012.
9. C.-L. Yang, S.-P. Chuang, and T.-S. Hsu, "A genetic algorithm for dynamic facility planning in job shop manufacturing," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 52, pp. 1-4, 2011.
10. A. Asef-Vaziri, M. Kazemi, K. Eshghi, and M. Lahmar, "An ant colony system for enhanced loop-based aisle-network design," *European Journal of Operational Research*, vol. 207, pp. 110-120, 2010.
11. N. Mishra, V. Kumar, N. Kumar, M. Kumar, and M. K. Tiwari, "Addressing lot sizing and warehousing scheduling problem in manufacturing environment," *Expert Systems With Applications*, vol. 38, pp. 11751-11762, 2011.

12. E. Cakmak, N. S. Gunay, G. Aybakan, and M. Tanyas, "Determining the Size and Design of Flow Type and U-Type Warehouses," *SBSPRO Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 58, pp. 1425-1433, 2012.
13. F. T. S. Chan and V. Kumar, "Hybrid TSSA algorithm-based approach to solve warehouse-scheduling problems," *International Journal of Production Research*, vol. 47, pp. 919-940, 2009.
14. F. T. S. Chan and V. Kumar. (2009). *Performance optimization of a leagility inspired supply chain model: a CFGTSA algorithm based approach*. Available: <http://doras.dcu.ie/15771>
15. T. Nehzati, H. Rashidi-Bajgan, and N. Ismail, "Development of a decision support system using Tabu Search algorithm for the warehouse layout problem," *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, vol. 28, pp. 281-297, 2011.
16. S. Önüt, U. R. Tuzkaya, and B. Dogaç, "A particle swarm optimization algorithm for the multiple-level warehouse layout design problem," *CAIE Computers & Industrial Engineering*, vol. 54, pp. 783-799, 2008.
17. J.-Y. Shiau and M.-C. Lee, "A warehouse management system with sequential picking for multi-container deliveries," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 58, pp. 382-392, 2010.
18. R. de Koster, T. Le-Duc, and K. J. Roodbergen, "Design and control of warehouse order picking: A literature review," *European Journal of Operational Research*, vol. 182, pp. 481-501, 2007.
19. Y. Gong and R. B. M. Koster, "A review on stochastic models and analysis of warehouse operations," *Logist. Res. Logistics Research*, vol. 3, pp. 191-205, 2011.
20. A. Deif, "Assessing Lean Systems Using Variability Mapping," *Procedia CIRP*, vol. 3, pp. 2-7, 2012.
21. P. A. Brasco, P. Found, and B. A. Moura, "A Lean & Green Model for a production cell," *Journal of Cleaner Production*, 2013.
22. R. N. A. Abdul, S. S. Mohd, and E. M. Mohamed, "Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation," *Procedia Economics and Finance*, vol. 7, pp. 174-180, 2013.
23. S. A. M. Elmoselhy, "Hybrid lean-agile manufacturing system technical facet, in automotive sector," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 32, pp. 598-619, 2013.
24. B. Das, U. Venkatadri, and P. Pandey, "Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing," *Int J Adv Manuf Technol The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2013.
25. L. Rivera and D. F. Manotas, "How to foresee and measure the real economic impact of a lean manufacturing implementation," ed: Springer International Publishing Switzerland, 2013.
26. E. Bhaskaran, "Lean Manufacturing Auto Cluster at Chennai," *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, vol. 93, pp. 383-390, 2012.

50 Luis Felipe Romero Dessens, Pedro David Sánchez Pérez, Johana Esthela Salcido Montoy, Fausto Jerez León, Gloria Paola Ortiz Espinoza

27. T. K. Acharya, "Material handling and process improvement using lean manufacturing principles," *International Journal of Industrial Engineering: Theory Applications and Practice*, vol. 18, pp. 357-368, 2011.
28. B. Stump and F. Badurdeen, "Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: a case study," *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 23, pp. 109-124, 2012.
29. R. R. Fullerton, F. A. Kennedy, and S. K. Widener, "Management accounting and control practices in a lean manufacturing environment," *Accounting, Organizations and Society*, vol. 38, pp. 50-71, 2013.
30. S. Vinodh, K. R. Arvind, and M. Somanaathan, "Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives," *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 13, pp. 469-479, 2011.
31. T. P. Singh and G. Chauhan, "Significant Parameters of Labour Flexibility Contributing to Lean Manufacturing," *Global Journal of Flexible Systems Management*, vol. 14, pp. 93-105, 2013.
32. M. Cehlár, K. Teplická, and S. Szabo, "Kaizen - New Instrument for Processes of Maintenance in Air Force," ed. Brasov: International Conference of Scientific Paper Afases 2011, 2011.
33. F. E. Meyers, M. P. Stephens, and J. Enríquez Brito, *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. México, D.F.: Pearson/Educación, 2006.
34. K. Krishnan, "A simulation-based approach for risk assessment of facility layout designs under stochastic product demands," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 49, pp. 1-4, 2010.
35. P. Madhusudanan, I. B. Hunagund, and K. K. Krishnan, "Design of robust layout for Dynamic Plant Layout Problems," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 61, pp. 813-823, 2011.
36. A. Mohamadghasemi and A. Hadi-Vencheh, "An integrated synthetic value of fuzzy judgments and nonlinear programming methodology for ranking the facility layout patterns," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 62, pp. 342-348, 2012.
37. K. S. Al-Saleh, "Productivity improvement of a motor vehicle inspection station using motion and time study techniques," *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, vol. 23, pp. 33-41, 2011.
38. Á. A. M. Galindo and M. Tapia, "SPL: Una forma sencilla de analizar la distribución física de su fábrica," ed, 2008.
39. K. L. Jeyaraj, C. Muralidharan, R. Mahalingam, and S. G. Deshmukh, "Applying Value Stream Mapping Technique for Production Improvement in a Manufacturing Company: A Case Study," *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 2013.
40. S. P. Vendan and K. Sakthidhasan, "Reduction of Wastages in Motor Manufacturing Industry," vol. Volume 4, Number 5, ISSN 1995-6665 ed. Department of Mechanical Engineering ,P.S.G College of Technology Coimbatore,

- India: *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 2010, pp. Pages 579 - 590.
41. Q.-L. Lin, H.-C. Liu, D.-J. Wang, and L. Liu, "Integrating systematic layout planning with fuzzy constraint theory to design and optimize the facility layout for operating theatre in hospitals," *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2013.
 42. F. Jolai, R. M. Jahangoshai, and A. Vazifeh, "Multi-criteria decision making for assembly line balancing," *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 20, pp. 113-121, 2009.
 43. H. Fazlollahtabar, H. Hajmohammadi, and E. h. Alireza, "A heuristic methodology for assembly line balancing considering stochastic time and validity testing," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 52, pp. 1-4, 2011.

Impacto de las Políticas y Estrategias de Operación en los Procesos de Recepción y Ubicación en un Almacén

Luis Felipe Romero Dessens¹, Pedro David Sánchez Pérez¹, Johana Esthela Salcido Montoy², Fausto Jerez León², Gabriel Domínguez Mendoza¹

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

lromero@industrial.uson.mx, pedro.sanchez@live.com.mx, gabbodo.dommen@gmail.com

²AMP Amermex, Departamento de Mejora Continua TEOA, Ave. Obrero Mundial No.9, Parque Industrial Dynatech Col. El Sahuaro, C.P. 83200 Hermosillo, Sonora, México.johana.salcido@te.com, fausto.jerez@te.com

Resumen.El almacenamiento es una parte integral de la cadena de suministro que contribuye en la entrega eficiente de las mercancías para el cliente. El almacén comprende cuatro procesos: recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y embarque. Almacenar es una operación crítica, ya que determina la eficiencia y el costo de la recuperación, y representa alrededor del 15% de los costos operativos del almacén. El proceso de almacenamiento puede ser realizado por diferentes políticas. Las más utilizadas son la política de almacenamiento aleatorio, almacenamiento dedicado y almacenamiento por clase. El objetivo del presente documento es analizar la interacción entre los procesos y las políticas de recepción y almacenamiento, y como éstas afectan al flujo de material y los tiempos de procesamiento. En el estudio se analizan las políticas de almacenamiento aleatorio, almacenamiento por departamento, almacenamiento por clase, y se simula almacenamiento dedicado.

Palabras clave: Políticas de Almacenamiento, Manufactura Esbelta, Distribución de Instalaciones, Manejo de Material, Flujo de Material.

1 Introducción

Hoy en día, las fluctuaciones de los costos y las demandas de los clientes hacen que sea más difícil para las empresas responder a las condiciones del mercado de manera eficaz, lo que puede provocar la pérdida de clientes y utilidades. Para muchas empresas es

Luis Felipe Romero Dessens, Pedro David Sánchez Pérez, Johana Esthela Salcido Montoy, Fausto Jerez León y Gabriel Domínguez Mendoza, *Impacto de las Políticas y Estrategias de Operación en los Procesos de Recepción y Ubicación en un Almacén*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Eliás, German-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 52-61, 2014.

importante evitar esta situación, por esta razón tienen que desarrollar relaciones con todos sus proveedores, así también las relaciones con sus clientes [1]. Además, en el moderno proceso de la cadena de suministro, los productos deben ser entregados a los clientes en menor tiempo y con el mínimo de desperdicios posible. Esta limitación de tiempo tiene un impacto directo sobre la organización y gestión del almacén. Éste es uno de los factores clave en la gestión de la cadena de suministro [2]. El objetivo del presente documento es analizar la interacción entre los procesos y las políticas de recepción y almacenamiento, y como éstas afectan al flujo de material y los tiempos de procesamiento. La estructura del artículo inicia con el marco teórico en el cual se presenta una introducción del almacén y los procesos que se realizan. Luego se explican los antecedentes y la descripción del problema. Posteriormente se plantean la propuesta y los resultados y, finalmente se desarrollan las conclusiones.

2 Marco Teórico

El almacenamiento es una parte integral de la cadena de suministro que contribuye en la entrega eficiente de las mercancías para el cliente. Sin embargo, el problema de gestión de almacenes no ha recibido mucha atención en la literatura. Los investigadores se han dado cuenta de la importancia del almacenamiento en la gestión de la cadena de suministro y se destaca que se le debe dar la misma importancia que el proceso de fabricación [3].

2.1 Almacén

Almacén se define como la unidad de servicio en la estructura de una empresa comercial o industrial, con objetivos definidos de resguardo, custodia, control y abastecimiento de materiales y productos; pero el almacén va más allá de estas básicas premisas, por otra parte, el almacenamiento “engloba todas aquellas actividades que permite el correcto almacenaje de productos y la preparación de pedidos, esto nos afirma que el desarrollo que venía practicando el almacén hace unos años cambió totalmente, y que para las empresas modernas el almacenamiento es una opción positiva y satisfactoria para el cliente final” [4]. De lo anterior se parte para indicar que el propósito de un almacén es cumplir con los pedidos del cliente. El cumplimiento de una orden consiste en recoger un conjunto específico de materiales almacenados y enviarlos al cliente [5].

Los almacenes, con su propósito básico, son una necesidad absoluta para un funcionamiento continuo y óptimo de los procesos de producción y distribución. Se necesitan almacenes por diversas razones, especialmente: a) para facilitar la coordinación entre la producción y la demanda de los clientes, b) la acumulación y consolidación de productos de diversos fabricantes para envíos combinados, c) facilitar la entrega el mismo día de la producción, d) para apoyar las actividades de productos de personalización, tales como el embalaje, ensamble final, entre otros [6]. Es importante señalar que la selección y

configuración del tipo de almacén suele ser crítica para que la empresa opere adecuadamente y atienda satisfactoriamente las necesidades de los clientes [7].

2.2 Tipos de Almacén

Los tipos de almacén que se pueden distinguir son de distribución, de producción y de contrato [8]. Otra clasificación es debido al sistema que posee el almacén, hay dos tipos de sistemas, sistemas de almacenamiento de mecanizados y los sistemas de almacenamiento automatizados [6]. Por otro lado, en el momento de la elección del tipo de almacén, se recomienda analizar la demanda, tipo de productos, ubicación geográfica y características de los clientes para aprovechar al máximo los recursos y satisfacer las necesidades de las partes involucradas. Además, se debe tener en cuenta que sin importar el tipo de almacén, se pueden utilizar las tecnologías de información y comunicación (TIC) como: el sistema de gestión de almacén (WMS, por sus sigla en inglés), sistema de gestión de personal (LMS, por sus sigla en inglés), código de barras e identificación por radio frecuencia (RFID, por sus siglas en inglés), las cuales poseen funcionalidades transversales. El tipo de almacén con que cuente una empresa es el principal factor para configurar los procesos que componen la gestión de almacenes [7].

2.3 Procesos del Almacén

Las cuatro funciones principales del almacén son recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y envío [8]. En la fase de recepción como el primer proceso, los bienes son generalmente entregados por camiones, descargados en el área de recepción, revisados y preparados para el transporte a la zona de almacenamiento [8]. La actividad de recepción incluye la descarga de los productos de la compañía de transporte, la actualización del registro de inventario, la inspección para verificar la cantidad o la calidad [9]. Después de que los productos han llegado a un almacén, la inspección y las operaciones de recepción pueden llevar a la congestión o provocar retrasos, y aumentar la varianza del tiempo de transporte interno para la siguiente operación [10], lo que conlleva a un incremento en el tiempo de procesamiento.

Almacenar implica la transferencia de los productos recibidos a ubicaciones de almacenamiento. También puede incluir el re-embalado, y los movimientos físicos [9]. Almacenar es una operación crítica, ya que determina la eficiencia y el costo de la recuperación, y representa alrededor del 15% de los costos operativos del almacén. Además, almacenar por secuenciado y por lotes puede mejorar la eficiencia [10]. El proceso de almacenamiento puede ser realizado por diferentes políticas de almacenamiento. Los más utilizados y preferentes se pueden dar como política de almacenamiento aleatorio, la política de almacenamiento dedicado y la política de almacenamiento por clase [8].

La política de manera aleatoria se realiza mediante la asignación de la ubicación en función del espacio disponible en el momento del trabajo, en otras palabras se deja la

decisión al operador. Una política de forma dedicada, establece un lugar determinado para cada producto a almacenar. Y una política de almacenamiento basada en la clase es combinación entre las políticas de asignación al azar y dedicado. Se divide los productos en clases sobre la base de unos criterios y a cada clase se le asigna un bloque de ubicaciones de almacenamiento. Esta política puede ser llamado como zonificación ABC.

Además, un área de almacenamiento se puede dividir en las siguientes áreas: Área de reserva y el área delantera. Los materiales de la zona de reserva se almacenan hasta que son necesarios para el envío al cliente. Los materiales de la zona delantera son almacenados y preparados para las operaciones de recuperación llevadas a cabo por los preparadores de pedidos.

La preparación de pedidos se refiere a la recuperación de los bienes de sus lugares de almacenamiento cada vez que se solicita un bien. Estas operaciones ejecutadas por los preparadores de pedidos [8]. La preparación de pedidos también puede ser visto como el proceso para recuperar los bienes requeridos de acuerdo con los pedidos de los clientes [11]. En el proceso de envío, los pedidos se comprueban, son embalados y, finalmente, cargados en camiones, trenes o cualquier otro soporte para ser enviados al cliente [12].

3 Antecedentes y Descripción del Problema

AMP Amermex es una empresa que diseña, fabrica y comercializa componentes electrónicos para una amplia gama de industrias, entre las que se encuentran las del sector automotriz y aeroespacial, entre otros. Esta empresa se encuentra ubicada en el Parque Industrial Dynatech, Hermosillo, Sonora; el área de almacén cuenta con trece empleados, de los cuales cuatro pertenecen al área de embarque, dos a recibo, dos a inspección y cinco a recuperación de material. Las actividades que se desarrollan en el área de almacén son: recibo y localización de los materiales, preparación de pedidos, inspección de materia prima, embarque de producto terminado, entre otras actividades secundarias.

Debido a las políticas y procesos de recepción y almacenamiento de materiales, el sistema actual presenta un conjunto de situaciones que afectan a la eficiencia en el manejo de materiales, desde su recepción hasta antes de su suministro a piso, entre las cuales destacan: problemas para encontrar el material, existen largos desplazamientos para completar los pedidos de material, se invierte demasiado tiempo en las búsquedas de la materia prima en el proceso de recuperación, ocurren errores de abastecimiento tanto de material con promedio de tres veces a la semana, como en cantidad incorrecta casi a diario. En resumen el problema es que existe desorganización, falta de eficiencia en el acomodo y localización del material.

4 Propuesta de Solución y Resultados

La propuesta de solución que se recomienda es modificar algunas actividades y políticas en los procesos de recepción y almacenamiento. Los cambios en las actividades estarán

determinados por la política de almacenamiento que la empresa adopte. AMP Amermex se rige por la política de almacenamiento aleatorio, es decir, los materiales que llegaban al almacén se podían almacenar en cualquier localización disponible. Por ello, el primer paso fue realizar un diagnóstico, donde se analizó los traslados que se requieren para preparar los pedidos requeridos por producción. A continuación se presenta la figura 1, donde se muestran los recorridos para realizar 11 transacciones (transacción es equivalente a preparar y suministrar un material solicitado por producción) del departamento denominado 9057, en donde se requiere trasladarse como mínimo 676 y como máximo 894 pies, dependiendo de la ruta que escoja. No siempre se escoge la mejor ruta (la ruta más corta) porque en ocasiones hay otros almacenistas preparando otros pedidos y toman otros caminos. La línea continua de la figura 1 representa los traslados sin la ayuda del montacargas, la línea discontinua representa los traslados utilizando el montacargas.

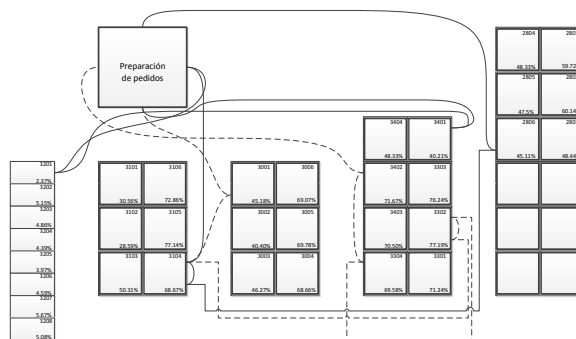


Figura 1. Diagrama de recorridos en el departamento 9057.

Una vez determinado los traslados, se decidió cambiar la política, de almacenamiento hasta almacenamiento dedicado, pero para ello el cambio se efectuó poco a poco. Primero se adoptó la política de almacenamiento por familia de productos, el principal beneficio de reacomodar por familia de productos es la drástica reducción de traslados. De acuerdo con el rediseño propuesto, la distancia máxima por recorrer sin importar el número de transacciones, será 72 pies, si es un departamento con poco volumen de materiales; y 144 pies se recorrerán, si es un departamento con mucho volumen (Las distancias son determinadas por las mediciones de los estantes, cada estante mide 9 pies, se estima que un departamento de poco volumen necesita 8 estantes, y departamento de mucho volumen requiere 16 estantes). Solamente con esto se debería justificar la implementación propuesta, pero la alta dirección requiere un análisis con medidas y justificación en tiempos y ahorros.

Escenarios	Cajas ordenadas (menor a 30)		Cajas desordenadas (mayor a 31)	
	Sin montacargas	Con montacargas	Sin montacargas	Con montacargas
Misma localización	16	13	41	40
Grupo de bahías	28	49	58	70
Todo almacén	56	95	79	138

Tabla 1. Tiempo (segundos) de búsqueda del material en el almacén bajo distintas circunstancias.

Por esta razón, se realizó un estudio de tiempos evaluando tres recorridos y dos escenarios, es decir, se evaluaron 6 casos con dos personas, una que realizaba los traslados caminando, y la otra ayudado con un montacargas.

En la tabla 1 se observa el tiempo promedio que le toma a un almacenista buscar un material ya sea en la misma localización, en un grupo de bahías o en todo el almacén. En la figura 2 se muestra las instalaciones del almacén, se encierra en un cuadrado a lo que se le denomina localización, y se señala con la flecha a lo que se denomina grupo de bahías o estantes.

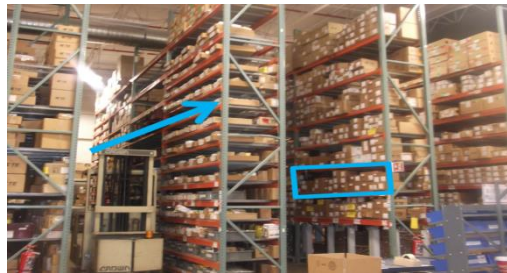


Figura 2. Instalaciones del almacén, donde se ubica y recupera el material.

La segunda política que se adoptó, fue almacenamiento por clase, es decir, dentro de la familia de productos se realizó un análisis ABC con la finalidad de ubicar los materiales de mayor uso en la parte inferior de los estantes para reducir el uso del montacargas. Para evaluar los resultados y el impacto de cada política, se registraron el número de transacciones hechas por los almacenistas en distintos periodos, en donde cada período está relacionado con una política. En la tabla 2 se indican los promedios de transacciones por empleado en los distintos periodos.

Tabla 2. Transacciones efectuadas bajo las distintas políticas.

Período	Política	Transacciones
Período Septiembre-Noviembre	Almacenamiento aleatorio	75
Período Enero-Marzo	Almacenamiento por famil	134
Período Abril	Almacenamiento por clase (Clasificación ABC)	172

La conexión entre los tiempos de la tabla 1 (los tiempos de búsqueda) y las transacciones de la tabla 2, se explica con la figura 3. Para buscar el material los almacenistas invierten aproximadamente 2 horas, por lo que el número de transacciones capaces de efectuar está relacionado el tiempo de búsqueda del material.

En la figura 3 se indica primeramente el número de transacciones promedio que puede efectuar un almacenista en una jornada laboral. Además, se estima que debido a las condiciones del almacén (en el primer período, almacenamiento aleatorio), los empleados

pueden buscar y preparar el 33% los materiales sin ayuda del montacargas, por lo que el 67% de los materiales necesitarán de medio de transporte. Por ejemplo, en el primer período un almacenista realiza 75 transacciones, de las cuales el 33% buscó el material sin ayuda del montacargas y el 67% con la ayuda del montacargas, lo que equivale a 25 y 50 transacciones respectivamente. Además, la mitad del almacén tiene localizaciones con menos de 30 cajas, un parámetro importante que se debe de considerar dentro de las políticas de almacenamiento.

Por último, se integra la información de la tabla 1, los tiempos estimados para buscar un material con y sin la ayuda de un montacargas, en localizaciones con menor a 30 cajas o mayor a 31 cajas, ya sea en todo el almacén o por grupo de estantes. El primer resultado equivalente a minutos que se tiene de la figura 3, es el tiempo de búsqueda que se tiene por tener la política de almacenamiento aleatorio por todo el almacén, que se invierten 125 minutos para buscar las 75 transacciones. Como se observa en la figura 3, el segundo resultado es 123 minutos aproximadamente, siendo que el número de transacciones aumento a 136, esto fue debido a que se utilizó almacenamiento por familia de productos, y los tiempos de búsqueda disminuyeron debido a que el almacenista ya no busca en todo el almacén, solo en una pequeña parte. Y en la última parte, los tiempos de búsqueda es el mismo, ya que busca en una pequeña parte, pero ahora la política de almacenamiento fue por clase, por medio de una zonificación ABC, donde los productos de mayor uso se colocan abajo (no se necesita montacargas), y los de menor uso de colocan en las partes altas de los estantes (se necesita montacargas). Uno de los principios de este análisis, es que el 20% de los materiales representa el 80% de los movimientos, por eso el indicador de 33% se cambió por el de 80%. Además se determinó no ubicar más de 30 cajas por localización, debido a esto, el número de localizaciones con menor a 30 cajas se incrementó a un 65%. Por otra parte, si la política que rigiera al almacén fuera la de almacenamiento dedicado, se estima que el número de transacciones podría incrementarse a 208, los cálculos se indican en la figura 4.

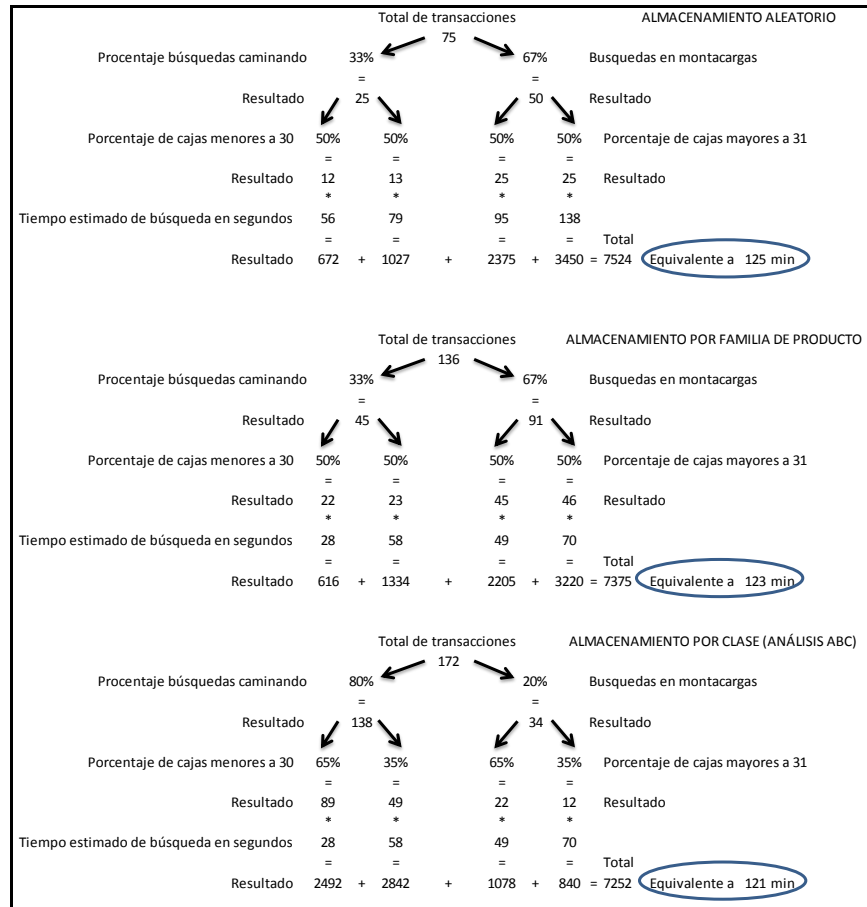


Figura 3. Validación de los tiempos de búsqueda de materiales en relación con las transacciones efectuadas.

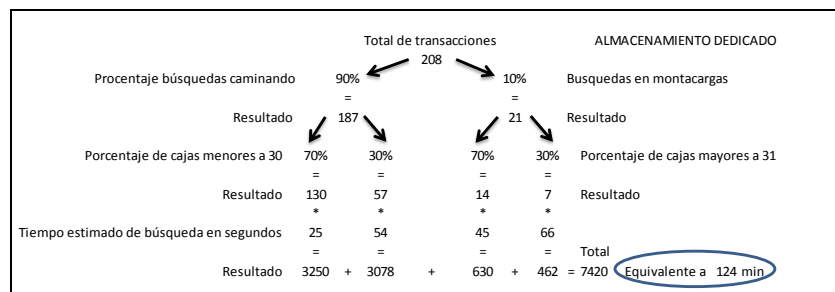


Figura 4. Validación de los tiempos de búsqueda de materiales en relación con las transacciones efectuadas.

Se acomoda los materiales de la familia de productos de PNP en ubicaciones específicas, se considera el volumen de la caja, la cantidad de materiales por caja, el número de cajas, la frecuencia de uso, relación productos/materiales, entre otras. Por lo que se estima que el 90% de las transacciones se pueden realizar sin montacargas, el número de materiales por localización disminuye (hay más cajas, pero menos materiales), y se incrementa la cercanía de los materiales por productos, por lo que el tiempo de búsqueda disminuye.

5 Conclusiones

Las actividades que se desarrollan en el almacén representan un alto costo para la empresa y pueden pasar desapercibidas cuando se realizan mejoras, pero éstas son de vital importancia para mantener un flujo eficiente de material. Como se describe y explica en el documento, las políticas influyen y contribuyen directamente con los procesos que se efectúan en el almacén, y una simple decisión de adoptar una política a otra, atribuye a ser una organización eficiente y eficaz. Al principio del documento se plantea el objetivo de implementar la política de almacenamiento dedicado, pero está solamente se estima debido que aún se está desarrollando. No es necesario pasar por el proceso que se explicó anteriormente para cambiar de política de almacenamiento, esta investigación se efectuó con el propósito de cuantificar el incremento de la productividad del almacén en número de transacciones efectuadas dependiendo de la política. Para este caso en particular, almacenamiento dedicado parece funcionar mejor que almacenamiento por clase, ya que se hace mejor uso del espacio, para otros almacenes almacenamiento dedicado puede requerir más espacio, las políticas se adoptan de acuerdo a las necesidades y requerimientos de cada organización.

Referencias

1. E. Cakmak, N. S. Gunay, G. Aybakan, and M. Tanyas, "Determining the Size and Design of Flow Type and U-Type Warehouses," *SBSPRO Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 58, pp. 1425-1433, 2012.
2. P. Baker and M. Canessa, "Warehouse design: A structured approach," *European Journal of Operational Research*, vol. 193, pp. 425-436, 2009.
3. N. Mishra, V. Kumar, N. Kumar, M. Kumar, and M. K. Tiwari, "Addressing lot sizing and warehousing scheduling problem in manufacturing environment," *Expert Systems With Applications*, vol. 38, pp. 11751-11762, 2011.
4. O. M. Gómez, D. A. Aguirre, and M. M. Herrera, "Plan Maestro de Almacenamiento para la Industria Colchonera como una Estrategia de competitividad ", ed. 8th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Arequipa, Perú, 2010.
5. J. V. Roelof, J. Caarls, and B. v. Wijngaarden. (2013). Warehouse Simulation Through Model Configuration. Available: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:a2cf2303-5804-4d9c-b596-1640669bba4d>
6. T. Lerher, M. Sraml, M. Borovinsek, and I. Potrc, "Multi-objective optimization of automated storage and retrieval systems," *ICIL 2012*, pp. 225-235, 2012.
7. E. A. Correa, M. R. A. s. Gómez, and A. J. A. Cano. (2011). Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC). Available: http://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/385
8. S. Önüt, U. R. Tuzkaya, and B. Dogaç, "A particle swarm optimization algorithm for the multiple-level warehouse layout design problem," *CAIE Computers & Industrial Engineering*, vol. 54, pp. 783-799, 2008.
9. R. de Koster, T. Le-Duc, and K. J. Roodbergen, "Design and control of warehouse order picking: A literature review," *European Journal of Operational Research*, vol. 182, pp. 481-501, 2007.
10. Y. Gong and R. B. M. Koster, "A review on stochastic models and analysis of warehouse operations," *Logist. Res. Logistics Research*, vol. 3, pp. 191-205, 2011.
11. O. Kulak, Y. Sahin, and M. E. Taner, "Joint order batching and picker routing in single and multiple-cross-aisle warehouses using cluster-based tabu search algorithms," *Flexible Services and Manufacturing Journal*, vol. 24, pp. 52-80, 2012.
12. J.-Y. Shiau and M.-C. Lee, "A warehouse management system with sequential picking for multi-container deliveries," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 58, pp. 382-392, 2010.

Implementación de Ayudas Visuales para el Área de Manufactura

Katia Melina Olivares-Corral, Mauricio López-Acosta, Gilda María Martínez-Solano
Jesús Enrique Sánchez-Padilla, Luis Carlos Montiel-Rodríguez

Instituto Tecnológico de Sonora, Campus Navojoa. Ramón Corona S/N, Colonia ITSON, CP.
85860, Navojoa Sonora, México.

katya_mely@hotmail.com, mauricio.lopez@itson.edu.mx,
gilda.martinez@itson.edu.mx, enrique.sanchez@itson.edu.mx,
luis.montiel@itson.edu.mx

Resumen. El uso de la comunicación visual es una metodología que quizás se está desaprovechando en las maquiladoras de la región del Mayo pero, ¿Puede una metodología esencialmente cualitativa dar resultados cuantitativos cuando se aplica? Se planteó la hipótesis de que la fábrica visual es una alternativa práctica para su uso por parte de las maquiladoras de la región del Mayo y se decidió probarla mediante un caso de éxito en una maquiladora. En una fábrica de arneses se encontraron las condiciones adecuadas para aplicar la fábrica visual y obtener resultados. Se utilizó el modelo de QC Story para capacitar a los trabajadores y una vez implementados los sistemas de trabajo de gestión visual se encontró que había una reducción estadísticamente significativa entre el número promedio de quejas antes y después del procedimiento correctivo. Cada arnés defectuoso cuesta 72.63 dólares y todas las quejas son por productos defectuosos.

Palabras clave: Fábrica visual, QC Story, Resultados medibles

1 Introducción.

1.1 Antecedentes.

Frente a un mundo cada vez más competitivo, las empresas necesitan orientarse hacia un cambio organizacional que busque la mejora continua de la compañía. Hoy en día, la gestión visual es un tema prácticamente nuevo. Aseguran(Verdoy, 2006) que Kiyoshi Suzaki impulsó la recogida de información mediante la gestión visual in situ, donde

Katia Melina Olivares-Corral, Mauricio López-Acosta, Gilda María Martínez-Solano, Jesús Enrique Sánchez-Padilla y Luis Carlos Montiel-Rodríguez, *Implementación de Ayudas Visuales para el Área de Manufactura*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 62-70, 2014.

destaca la importancia de la disponibilidad de la información necesaria para cada persona en su puesto de trabajo; por otra parte, afirma (Castro, 2010) que la comunicación visual tiene muchas ventajas, entre ellas; la rápida captación de sus mensajes y la fácil difusión de información, en ese sentido; enfatizan (Torrell, 2010) acerca de la importancia de utilizar indicadores y paneles visuales que den información real y actualizada del estado del proceso a todos los involucrados en él.

Asevera (Cuatrecasas, 2010) que una implantación de procesos basada y acompañada por una gestión visual completa permite asegurar los aspectos de la competitividad: eficiencia, productividad, calidad, así como una respuesta rápida y flexible, por ello; empresas a nivel mundial tales como: Toyota, Hewlett Packard y Sony, (Colocadas en los lugares 5, 26 y 69 respectivamente, por encontrarse entre las 100 empresas más grandes del mundo, según (Revista Fortune, 2010) practican técnicas de gestión visual para controlar los procesos y la gestión de compromisos entre los miembros de la organización.

A pesar de las ventajas que parece tener la gestión visual, ésta ha sido desatendida por las empresas de la región del Mayo, donde se encuentra poca o nula aplicación de esta metodología.

1.2 Objetivo General.

Demostrar que la aplicación de la metodología de fábrica visual puede generar beneficios medibles en los procesos de una maquiladora. Se utilizará la fábrica visual para diseñar un mecanismo de aseguramiento de la calidad que pueda disminuir el índice de productos defectuosos.

1.3 Justificación.

Si se logra demostrar estadísticamente que una maquiladora pueden obtener beneficios al aplicar la fábrica visual, esto puede servir de incentivo para que otras empresas también apliquen esta metodología que ha sido ignorada.

1.4 Hipótesis.

La metodología de gestión visual puede obtener beneficios significativos y medibles al aplicarse correctamente en una maquiladora.

1.5 Metodología.

Se define primeramente la población sujeto bajo estudio, una vez hecho esto se determina la metodología a estudiar (si es aplicada o no). Posteriormente se determina una empresa piloto para validar el uso de la metodología. Se determina la hipótesis y las variables a medir, considerando una vez hecho lo anterior datos de números antes de aplicar el procedimiento correctivo.

Se aplica el procedimiento correctivo y se toman datos de las variables en estudio después de aplicar el procedimiento correctivo.

Se comparó el comportamiento de la variable antes y después de aplicar el procedimiento correctivo, para proceder con las conclusiones ante los resultados del antes y después del procedimiento correctivo y el rechazo o aceptación de la hipótesis planteada.

2 Marco Teórico.

2.1 Manufactura Esbelta.

Afirma(Arrieta, 2007) que la manufactura esbelta consiste en la aplicación sistemática y habitual de diferentes técnicas para el mejoramiento de los procesos productivos. Entre ellas se encuentran las cinco eses, los sistemas de SMED (Single Minute Exchange of Die), Poka Yoke, los grupos Kaizen, seis sigma, células de manufactura, Mantenimiento Productivo Total, Análisis de valor del Proceso y otros. Éstas forman parte de las herramientas de apoyo para la fábrica visual. Hoy en día, Penang de Solcctron, Malasia, es la instalación que está a la vanguardia de la adopción de las herramientas de gestión visuales (Wilhelm, 2011)

La aplicación de sistemas visuales se coloca rápidamente como una práctica independiente que cubre los límites de las herramientas convencionales de la Manufactura Esbelta (Brady, 2011). Se afirma que la manufactura esbelta es una serie de herramientas que le permiten a las empresas aumentar el valor de sus actividades mediante el mantenimiento de un ambiente de mejora continua que permite a la empresa reducir y eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, al servicio y a los procesos, tomando en cuenta siempre al trabajador(Esperón, 2004). Los elementos de la manufactura esbelta se aplica a través de una serie de herramientas, entre las cuales destacan las siguientes: eventos Kaizen, TPM, las 5 S's, Justo a Tiempo, Kanban, PokaYoke, Andón y el Sistema Pull, las cuales son las más comunes y a su vez, éstas forman parte de las herramientas de apoyo para la fábrica visual, que según (Gopalakrishnan, 2010), esta última es una herramienta de suma importancia en la implementación de una Planta Lean.

Define (Bernstein, 2008) a la fábrica visual como una herramienta visual de la Manufactura Esbelta, apoyada en Andón, Kanban, 5 S's y PokaYoke.

2.2 Fábrica Visual.

Fábrica visual es un sitio de trabajo que le permite a cualquier persona, en menos de cinco minutos darse cuenta del qué, el cómo, el cuándo, el dónde y quién hace las cosas, sin tener que preguntarle a alguien o buscar en un manual o computador (Greiff, 2001). En cambio, (Gopalakrishnan, 2010) define a la fábrica visual

como un área de trabajo que utiliza controles visuales para indicar la estructura y función de todos los procesos de la empresa, de tal manera que las instrucciones verbales sean innecesarias en el sitio laboral. Màrius Mollà, socio-fundador y director de proyectos de FeedBackGround afirma que “La mayoría de empresas están mal organizadas, lo que les hace malograr tiempo y recursos además de desaprovechar los conocimientos existentes”. Con el fin de paliar las deficiencias en las distintas fases de producción, de productos o servicios, (Cesc, 2011) desarrollan el concepto de la fábrica visual. Este concepto es el que se aplica en los supermercados desde hace años, dónde cualquier persona que entra es consciente de dónde se encuentran las cosas y es autosuficiente para tomar sus propias decisiones.

2.3 Capacitación.

Afirma (Siliceo, 2006) que la capacitación consiste en una actividad planeada y basada en necesidades reales de una empresa u organización y orientada hacia un cambio en los conocimientos, habilidades y actitudes de colaborador. Sin embargo el objetivo de un centro de educación en la empresa (capacitación interna) se podría entender de la siguiente manera: para que el objetivo general de una empresa se logre plenamente, es necesaria la función de capacitación que colabora aportando a la empresa un personal debidamente adiestrado, capacitado y desarrollado para que desempeñe bien sus funciones habiendo previamente descubierto las necesidades reales de la empresa.

En cambio (Alles, 2005) utiliza el término formación en reemplazo de capacitación porque es un concepto más amplio, más completo. Asimismo, haremos una distinción entre otros términos, tales como capacitación, entrenamiento y desarrollo de competencias, cada uno de ellos hace referencia a una forma particular de formación:

- Capacitación: este término será utilizado para referirnos a la capacitación formal, donde un instructor guía el aprendizaje, y que se encuentra asociada a la clásica figura del aula; en estos momentos puede complementarse con la capacitación en un aula virtual.
- Entrenamiento: hace referencia a aquellos procesos de aprendizaje que se desarrollan juntamente con la tarea, en el puesto de trabajo.
- Desarrollo de competencias: es la forma con que los especialistas se refieren al aprendizaje en materia de competencias.

2.4 Herramientas de Apoyo para Fábrica Visual.

Según (Plaza, 2003) estas herramientas son clasificadas como mejora proactiva: se utilizan para encontrar y definir criterios superiores en los que se basan las acciones de mejora, cuando no existe una idea clara de que exista una necesidad de mejorar. La atención se centra en la resolución de problemas a través de un método estandarizado, haciendo uso de las siguientes herramientas fundamentales: los 7 pasos Quality Control (QC), las 7

66 Katia Melina Olivares-Corral, Mauricio López-Acosta, Gilda María Martínez-Solano, Jesús Enrique Sánchez-Padilla, Luis Carlos Montiel-Rodríguez

herramientas QC y los 5 males (defectos, errores, desperdicios, retrasos, y accidentes) éstas se construyen en las herramientas claves (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Relación PDCA con los 7 pasos QC y las 7 herramientas QC(Shiba, 1995)

7 PASOS QC		7 HERRAMIENTAS QC	PDCA
1.	Selección de tema.	Lista de chequeo, gráficos, diagrama de Pareto, histogramas, diagramas de dispersión, diagramas de causa y efecto.	Planificar.
2.	Recoger y analizar datos.		
3.	Analizar causas.		
4.	Planear e implantar solución.		Ejecutar.
5.	Evaluar efectos.	Lista de chequeo, gráficos, diagrama de Pareto, histogramas, diagramas de dispersión, diagramas de causa y efecto, gráficos de control.	Verificar.
6.	Estandarizar la solución.		Actuar.
7.	Reflexionar sobre el proceso (y el problema siguiente).		

Las 7 nuevas herramientas de gestión desarrolladas entre 1972 y 1977 fueron generadas por un comité de la Japanese Union of Scientists and Engineers (JUSE).

2.5 La Herramienta QC Story.

Afirma(Galgano, 1995) que la herramienta QC Story es un modo diferente de aplicar PDCA. El problema se afronta y desarrolla siguiendo un procedimiento similar al desarrollo de una narración. Dicho procedimiento se aplica en las siete siguientes fases:

Comprender la necesidad de la mejora (Definición del problema).

- Observar la situación actual (reconocimiento de las características del problema).
- Analizar el problema (Búsqueda de las causas principales).
- Determinar e implantar las medidas correctivas (Acciones para eliminar las causas)
- Valorar los resultados obtenidos (Confirmación de la eficacia de las acciones).
- Normalización (Eliminación permanente de las causas).

- Planificación de acciones futuras (Nuevo examen de la actividad y planificación del trabajo futuro).

Otra forma de descripción del procedimiento de la herramienta QC Story: Definir el proyecto, Describir la situación actual, Analizar los hechos y datos para identificar causas fundamentales de variación, Establecer contramedidas, Ejecutar las contramedidas, Verificar los resultados, Estandarizar, Documentar y definir nuevos procesos de mejora (Landois, 2014).

3 Resultados y su Discusión.

En la Tabla 2 se muestra el número de quejas por mes, antes y después del proceso correctivo, que se empezó a aplicar en Enero.

Tabla 2. Quejas antes y después del procedimiento correctivo (elaboración propia)

Quejas 1. Antes del proceso correctivo.		Quejas 2. Después del proceso correctivo.	
Julio	14	Enero	8
Agosto	10	Febrero	5
Septiembre	9	Marzo	3
Octubre	7	Abril	1
Noviembre	8		
Diciembre	12		

Con los datos de la Tabla 2, se obtiene la Figura 1, donde los diagramas de caja muestran que las quejas antes de la intervención son mayores que después de la intervención, pero esta figura, no constituye una prueba estadística, solamente una referencia visual.

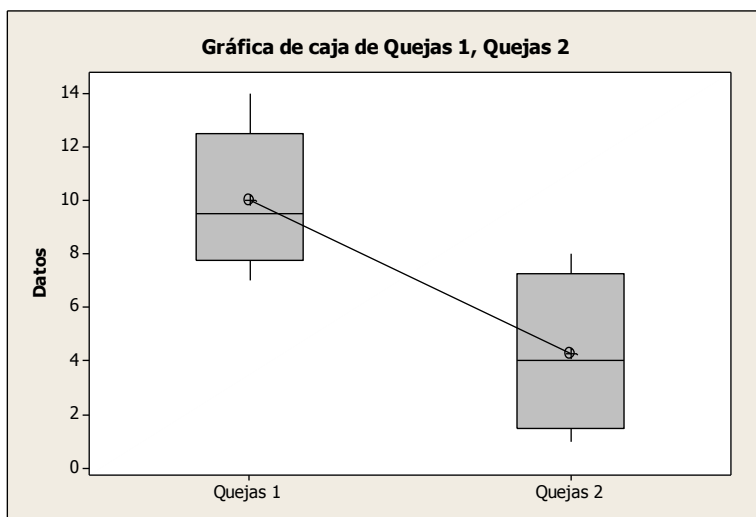


Figura 1. Diagramas de cajas para el número de quejas antes y después de la corrección (elaboración propia)

Con los datos de la Tabla 2 se obtiene también la Figura 2. Esta figura obtenida al realizar una prueba de hipótesis con el programa Minitab[®] demuestra que el número promedio de quejas antes de la corrección es mayor que el número de quejas después de la corrección.

Se evidencia en que el intervalo de confianza del 95% no contiene al cero, lo que significa que las dos medias poblacionales comparadas son diferentes, y también en valor $P=0.012$, menor a 0.05 y que indica que las medias poblacionales son diferentes con al menos el 95% de confianza.

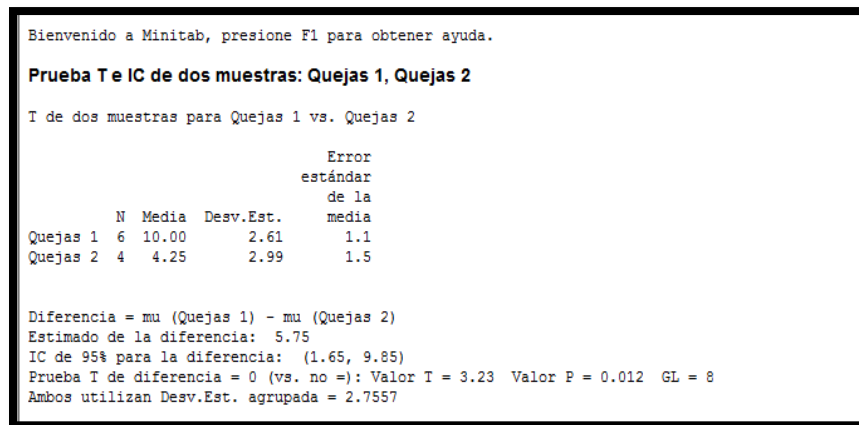


Figura 2. Prueba de hipótesis con Minitab para comparar medias poblacionales a partir de los datos de la Tabla 2 (elaboración propia)

4 Conclusiones

Como las quejas se deben a productos defectuosos, se deduce que también se reducirá la cantidad de scrap, y se sabe que cada arnés que se desperdicia le significa a la empresa un costo de 72.63 dólares (954 pesos). Aunque es menos significativo, también se logró una reducción de 5 segundos en el tiempo promedio de ensamble de los arneses.

Se comprobó la hipótesis de que era posible obtener beneficios medibles en una maquiladora usando fábrica visual. Se recomienda aplicar el procedimiento en otras maquiladoras utilizando además otras variables y considerando el impacto de lo implementado a través del tiempo.

Referencias

1. J. M. M. J. & S. P. S. Verdoy, Manual de Control Estadístico de Calidad: Teoría y Aplicaciones, Castellón de la plana: Universitat Jaume I., 2006.
2. L. Castro, «La Gestión Visual factor clave para el control de procesos,» Apsoluti, pp. 2,4, 2010.
3. F. & C. L. Torrell, TPM en un entorno Lean Management, España: Profit Editorial, 2010.
4. L. Cuatrecasas, Lean Management: La gestión competitiva por excelencia, España: Profit Editorial, 2010.
5. Revista Fortune, «100 Empresas más grandes del mundo,» Fortune 500, 2010.
6. J. G. Arrieta, «Interacción y conexiones entre las técnicas 5 S's, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo,» Columbia Journal of Economics, Finance and Administrative Science, 2007.

70 Katia Melina Olivares-Corral, Mauricio López-Acosta, Gilda María Martínez-Solano, Jesús Enrique Sánchez-Padilla, Luis Carlos Montiel-Rodríguez

7. B. B. W. P. P. D. W. W. F. C. C. & R. R. R. Wilhelm, Increased illuminance at the workplace: Does it have advantages for daytime shifts?, 2011.
8. W. Brady, «Fábrica Visual para Manufactura Esbelta. Instituto, QMI/Visual Lean. Brady Worldwide Inc.,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.bradylatinamerica.com/>. [Último acceso: febrero 2014].
9. G. E. Esperón, Mapeo de procesos para sugerir mejoras en una empresa del ramo llantero, Puebla, 2004.
10. N. Gopalakrishnan, Simplified Lean Manufacture Elements, Rules, Tools and Implementation,, New Delhi: PHI, 2010.
11. R. Bernstein, Herramientas Visuales en la Manufactura Esbelta, España: Ideas Propias Editorial, 2008.
12. M. Greiff, Métodos visuales para mejorar la productividad, España: Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2001.
13. F. M. M. & M. M. Cesc, FeedBackGround, Operations and Business Processes, 2011.
14. Siliceo, Capacitación y desarrollo de personal,, México: Editorial Limusa, 2006.
15. M. A. Alles, 5 pasos para transformar una oficina de personal en un área de recursos humanos, Grancia: Ediciones, S.A., 2005.
16. M. Á. Plaza, Modelo para la gestión estratégica de la calidad total: aplicación a la empresa agroalimentaria., EOI Esc.Organización Industrial, 2003.
17. S. Shiba, TQH: Desarrollos avanzados, TPG Hoshin, 1995.
18. Galgano, Los siete instrumentos de la calidad total, España, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 1995.
19. Landois, «Total Quality Management,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.iinscom.com/cursos/total-quality-management/analisis-de-problemas-ruta-de-calidad/>.
20. B. Wilhelm, P. P. Weckerle, W. W. Durst, C. C. Fahr y R. R. Rock, «Increased illuminance at the workplace: Does it have advantages for daytime shifts?. Lighting Research & Technology,» Engineers, The Chartered Institution of Building Services, Bingen, Alemania., 2011.
21. W. Brady, «Fábrica Visual para Manufactura Esbelta. Instituto, QMI/Visual Lean.,» Brady Worldwide Inc., p. <http://www.bradylatinamerica.com/>, 2011.
22. M. Greiff, Métodos visuales para mejorar la productividad., España: Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2001.
23. Polonio, Terapia ocupacional en discapacitados físicos: teoría y práctica., Madrid.: Ed. Médica Panamericana, 2004.
24. M. Rodríguez, El Método MR: Maximización de Resultados para la Pequeña Empresa de Servicios., Bogotá.: Editorial Norma., 2005.

Análisis Causa Raíz a una No Conformidad en un Proceso de Fabricación de Papel y Cartón Corrugado

Rodolfo Cota Borbón¹, Jorge G. Mendoza León¹,
Aarón F. Quirós Morales¹, Rafael López Zazueta², Rubén Varela Campos¹

¹Instituto Tecnológico de Sonora, Campus Navojoa,
Ramón Corona S/N, Colonia ITSON, CP. 85860, Navojoa Sonora, México.
fito-92@hotmail.com, jorge.mendoza@itson.edu.mx,
aaron.quiróz@itson.edu.mx, ruben.varela@itson.edu.mx
²Celulosa y Corrugados de Sonora, Carret. Los Mochis, Km. 8.5, Parque Industrial, Navojoa,
Sonora
rlopez@ceccso.com.mx

Resumen. Con las nuevas tecnologías, los procesos productivos pasaron de ser manuales a ser en algunos casos totalmente automatizados, lo que en algunos casos dificulta localizar el origen de una falla. Así, la industria se encuentra tan ocupada solventando problemas, que omiten aplicar una metodología propia para encontrar la causa raíz y evitar la recurrencia en un futuro, limitándose a tratar solamente los síntomas. Este estudio emplea el enfoque de la Confiabilidad Operacional para la determinación de la causa raíz del desperdicio de lámina en una fábrica de cartón corrugado; mediante la utilización de la metodología de Análisis Causa Raíz (ACR). Tomando referencia las aportaciones de Parra y Crespo (2012) y Ortiz (2011). Los resultados sugieren que la causa raíz determinada, está asociada con la ausencia de un sistema de monitoreo de humedad; dada la frecuencia recurrente sobre cada uno de los modos de falla y del problema principal.

Palabras clave: Confiabilidad operacional, análisis causa raíz, no conformidad, metodología ACR, cartón corrugado.

1 Introducción

Un estudio llevado a cabo por Pazos (2002), sobre el desperdicio generado en la máquina Corrugadora en una empresa productora de empaques de cartón, demostró que con la utilización de la metodología del ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) se logró disminuir la cantidad de desperdicio entre un 20 y un 25% de material del 80% de

Rodolfo Cota Borbón, Jorge G. Mendoza León, Aarón F. Quirós Morales, Rafael López Zazueta y Rubén Varela Campos, *Análisis Causa Raíz a una No Conformidad en un Proceso de Fabricación de Papel y Cartón Corrugado*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Eliás, German-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 71-82, 2014.

desperdicio generado en la maquina Corrugadora, mediante la implantación de mejoras y sugerencias que permitieron el aumento de la eficiencia y productividad de los procesos de fabricación de cartón corrugado.

En la actualidad, la Fábrica de Papel y Cartón Corrugado ubicada en el estado de Sonora, mantiene un Sistema de Gestión de Calidad baso en procesos que le permite ofrecer productos de calidad y ser un proveedor líder de cajas de cartón en México. Ante la creciente lucha por mantener y penetrar nuevos mercados, la empresa estratégicamente ha considerado mejorar aún más, los factores de flexibilidad, rapidez, calidad y reducción de costos para poder adaptarse a los cambios y no quedar fuera del mercado para lograr mayor grado de competitividad. Es en ese sentido, que se hace importante entonces analizar delimitadamente el proceso de Corrugadora la problemática del aumento constante de desperdicio de lámina corrugada por defectuosa; ya que es uno de los procesos que ha aumentado considerablemente los costos de producción.

El objetivo de este análisis estaría dirigido a determinar la causa raíz del desperdicio de lámina defectuosa, mediante el empleo de la metodología de Análisis Causa Raíz para implementar acciones de mejora que permitan mayor eficiencia productiva, reducción de costos y calidad en el proceso de Corrugadora.

El presente sujeto bajo estudio mencionado anteriormente se denomina con el nombre de Celulosa y Corrugados de Sonora S.A de C.V., la cual se encuentra ubicada en Carretera Internacional Navojoa-Los Mochis Km. 8.5. Hoy en día esta empresa está integrada por dos divisiones: la Fábrica de Cajas que empezó a producir en 1983 y la Fábrica de Papel que inició operaciones en 1985 fabricando papeles SemiKratf, Liner y la Máquina #2 que inicio en junio de 1992 fabricando los papeles Médium.

2 Marco teórico

Para la aplicación de la herramienta Análisis Causa Raíz (ACR) no existe una estructura definida o estandarizada, ya que existen diversos autores que proponen su propia metodología de análisis y esto provoca que se tenga que tener la opción de elegir entre las diferentes metodologías, la más comprensiva y de mayor impacto en su aplicación de diversas índoles o de igual manera resulta satisfactorio realizar una adaptación propia del mismo analista que desee realizar un análisis tomando en cuenta ideas de otros autores que la interpretan propiamente. Para corroborar la existencia de diversas metodologías para el Análisis Causa Raíz, a continuación se enlistan y se describen cada una de las metodologías propuestas por diferentes autores en el siguiente apartado.

2.1 Metodología de Análisis Causa Raíz Propuesta por Parra y Crespo.

Parra y Crespo (2012), proponen una metodología para la aplicación de Análisis Causa Raíz para el análisis de un problema de naturaleza de un equipo mecánico, utilizando un enfoque sistemático cualitativo y cuantitativo, el cual consta de siete etapas. En la figura

1 se muestra de manera gráfica el panorama del proceso de aplicación de la metodología de ACR propuesto por estos autores.

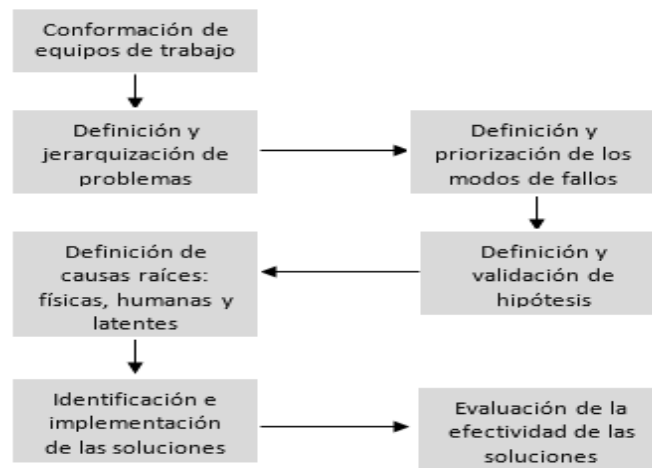


Figura 1. Modelo propuesto de implantación de la técnica de ACR.

2.2 Metodología de Análisis Causa Raíz propuesta por PEMEX.

Al igual que la metodología propuesta por Parra y Crespo; la nueva metodología propuesta por PEMEX, también utiliza como herramienta de la Confiabilidad Operacional el Análisis Costo Riesgo Beneficio, con el fin de determinar el riesgo en términos económicos de las posibles opciones de solución del problema; mas sin embargo cada una de estas metodologías emplea distintas técnicas de análisis en cada una de sus etapas de su metodología. En la figura 2 se muestra gráficamente un modelo estructurado de cada una de las etapas de la metodología propuesta por PEMEX (s. f), para el Análisis Causa Raíz.

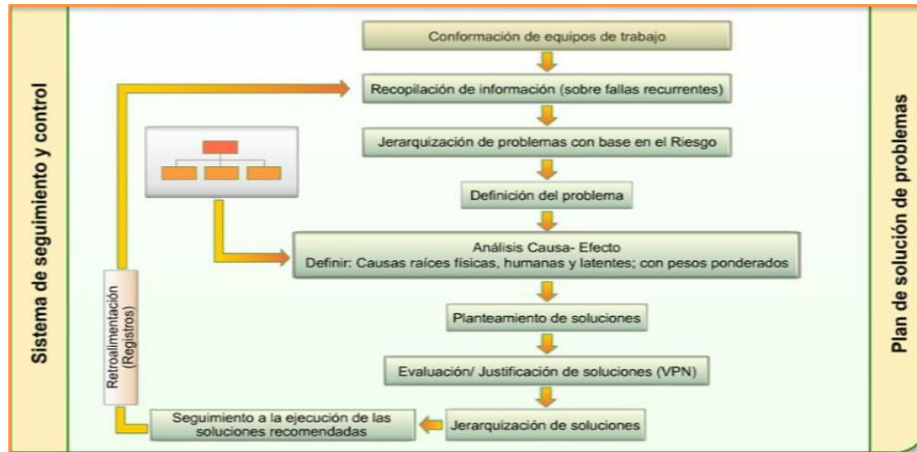


Figura 2. Metodología de Análisis Causa raíz propuesta por PEMEX

2.3 Metodología de Análisis Causa Raíz propuesta por Ortiz.

A diferencia de las metodologías antes descritas por Parra y Crespo; y PEMEX, esta nueva propuesta de metodología por Ortiz (2011) trae un nuevo enfoque para el Análisis Causa raíz; ya que utiliza métodos cualitativos como Matriz codificada de medición de severidad de eventos adversos, línea del tiempo, entre otros a diferencia de las anteriores que utilizan el método cuantitativo y cualitativo. Esta metodología está basada en una investigación que tiene como fin evitar las muertes maternas, fetales y neonatales. A continuación se enlistan cada una de las etapas de la metodología propuesta por Ortiz (2011), para el Análisis Causa Raíz.

- PASO 1. Organizar el equipo.
- PASO 2. Definir el evento.
- PASO 3. Investigar el evento.
- PASO 4. Determinar qué pasó.
- PASO 5. Determinar por qué pasó.
- PASO 6. Estudiar las barreras.
- PASO 7: Elaboración e implementación de un plan de acción.

3 Metodología

A raíz de la decisión de utilizar la metodología de ACR para determinar la causa raíz del desperdicio de lámina defectuosa, y después de consultar varias adaptaciones por autores de esta metodología y de analizar sus respectivos resultados obtenidos por su aplicación a

un problema, se llegó a la conclusión de que era conveniente desarrollar un nuevo modelo metódico de ACR que característicamente su proceso de aplicación al problema a estudiar fuera sencillo y consistente, pero además, este fuese replicable en un futuro por otro investigador en la solución de problemas que representen un nivel de complejidad considerable. Para ello, fue necesario la recopilación de ideas de los diversos autores como: Parra y Crespo (2012), PEMEX (s. f), Ortiz (2011) y Espinosa (s. f). La estructura de la metodología incorpora aquellas etapas de las diversas adaptaciones que se replican una y otra vez dentro de estas; considerando así, que estas etapas son básicamente fundamentales en cualquier adaptación de ACR, siendo así uno de los argumentos que aclara las razones del porqué se tomaron dichas etapas. Por lo que se descartan aquellas que no son conveniente tomar por el simple hecho de que no afecta en lo particular en la determinación de la causa raíz del problema debido a que estas emplean diversas herramientas acorde al problema a analizar como diagramas de flujo y Análisis de Pareto; mas sin embargo no se descarta la posibilidad de que es conveniente recurrir a una herramienta de estas, como un recurso de apoyo para una mayor consistencia de análisis.

Esta nueva adaptación de la metodología de Análisis Causa Raíz consta de 5 etapas metódicas fácilmente de comprender por el lector y se acompaña con la utilización del Árbol Lógico de Fallas, el cual es una representación visual de un evento de falla que utiliza el razonamiento por deducción y la verificación de los hechos para llegar a la causa raíz de la falla. Esta herramienta se utiliza para representar de forma sistemática cada uno de los elementos de la metodología de Análisis Causa Raíz (definición del problema, modos de fallo, hipótesis, CRF, CRH y CRL). Enseguida se describen de manera detallada cada una de las etapas de la metodología.

3.1 ETAPA 1. Definición del Problema.

La primera actividad a ser desarrollada por el Equipo de Trabajo, consiste en definir en una oración, cuál es el evento centinela o problemática que será objeto del ACR. Para definir el problema, es útil responderá la pregunta:

¿Qué fue lo que ocurrió y cuáles fueron sus síntomas?

Para definir el problema a analizar de manera clara y concisa, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos por parte del equipo de ACR:

- Una definición apropiada del problema describe qué es lo que se hizo de manera incorrecta.
- Se focaliza en el resultado y no en sus causas.
- Se define muy brevemente, en una oración.

Se debe describir una breve historia del problema, indicando, de ser posible, el día que iniciaron las operaciones, la fecha en que se detectó el problema o el día que se incrementó, así como los eventos relevantes antes de esta fecha, como modificaciones al

sistema, mantenimientos realizados, cambios en métodos y/o procedimientos, así como cambios de personal.

La construcción del Árbol Lógico de Fallas inicia con el primer elemento del análisis Causa-Efecto, el cual consiste en el enunciado del problema definido en esta etapa de la metodología y es representado por la caja inicial del Árbol Lógico de Fallas (ver figura 3). De igual manera, en las siguientes etapas de la metodología ACR, se seguirá construyendo el Árbol Lógico de Fallas con los modos de fallos, las hipótesis planteadas de cada uno de los modos de falla y por último la determinación de las Causas Raíces, Humanas y Latentes de cada una de las hipótesis.

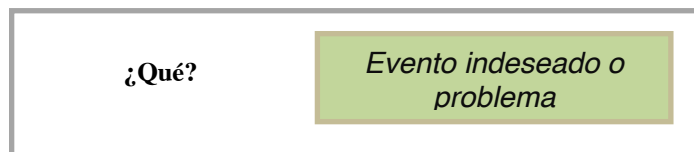


Figura 3. Representación del Problema en el Árbol Lógico de Fallos.

3.2 ETAPA 2. Definición y Verificación de Modos de Falla.

Una vez que el equipo de ACR definió qué pasó o pudo haber pasado, el paso siguiente es definir las razones o los modos de falla que incurrieron en el problema; los cuales son hechos reales de cómo se manifiesta el evento y pueden ser uno o más. Para facilitar el proceso de definición de los modos de fallos, sobre el enunciado del problema se deberá responder a la siguiente pregunta:

¿Cómo puede ocurrir el problema definido?

En la figura 4, se muestra la representación de los modos de falla definidos en esta etapa de la metodología. A manera de verificar la ocurrencia de cada uno de los modos de fallos planteados, se debe presentar evidencia física que verifiquen los hechos vinculados con cada uno de los modos de falla, y así descartar aquellos que simplemente no se encontró evidencia de su ocurrencia.

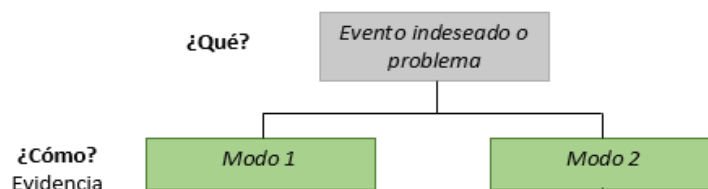


Figura 4. Definición del problema y modos de falla en el Árbol Lógico de Fallas.Fuente:

3.3 ETAPA 3. Definición y Validación de Hipótesis.

Una vez definidos y priorizados los modos de falla, el equipo de trabajo orienta su esfuerzo en la definición y validación de las hipótesis sobre aquellos modos de fallas que realmente incurrieron en el evento indeseable o problema una vez validados por evidencia física. Para definir las hipótesis, es necesario que el grupo de trabajo de respuesta a la siguiente pregunta:

¿Cómo puede ocurrir el modo de falla?

El resultado final de la etapa de la etapa de definición de hipótesis, consiste en validar con hechos las hipótesis verdaderas y descartar aquellas hipótesis inconsistentes que simplemente no fue posible comprobar su ocurrencia. Por ello para verificar realmente cuál de las hipótesis planteadas es verdadera, es necesario recurrir a fuentes de información que permitan comprobar realmente la causa (hipótesis) del modo de falla.

Enseguida se enlistan algunos de los aspectos a considerar para la verificación de hipótesis.

- Variables de operación (información del sistema automatizado de control, temperatura, presión, flujo, etc.)
- Historiales de mantenimiento.
- Entrevistas a personal del proceso.
- Resultados de inspecciones (visuales, ensayos no destructivos, etc.)
- Resultados del laboratorio (químico y metalúrgico)
- Listas de verificación.
- Procedimientos operacionales.
- Registros de entrenamiento del personal.

Toda hipótesis debe ser analizada, ya sea para validar o rechazar; de lo contrario no es recomendable continuar con el análisis. En el caso de las hipótesis rechazadas, éstas serán tachadas en el Árbol Lógico de Fallas, mas no borradas para permitir la trazabilidad del análisis. En la figura 5 se muestra el apartado de las posibles causas (hipótesis) que se conectan en el análisis Causa-Efecto con las cajas de los modos de falla.

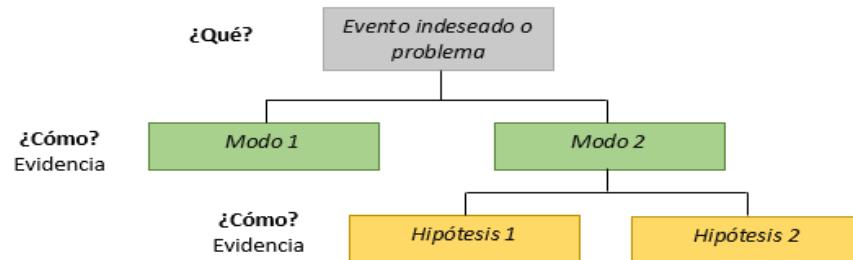


Figura 5. Hipótesis en el Árbol Lógico de Fallas.

3.4 ETAPA 4. Definición y Validación de las Causas Raíces.

Una vez identificadas y validadas las hipótesis, estas se convierten a su vez en causa raíz. Por lo tanto el equipo de trabajo procede a definir las nuevas posibles causas raíces para cada una de las hipótesis validadas. Estas causas se clasifican en tres categorías: Causa Raíz Física (CRF); Causa Raíz Humana (CRH) y Causa Raíz Latente (CRL). Para definir los diferentes tipos de causas raíces, se debe responder la siguiente pregunta: *¿Por qué ocurrió la hipótesis validada (causa raíz)?*

Es importante mencionar que el Árbol Lógico de fallas emplea un proceso reiterativo, es decir a medida que se valida una hipótesis (causa raíz), está a su vez puede originar otra hipótesis (causa raíz). Por lo tanto, las primeras causas raíces que se definen y se conectan con la hipótesis validada son atribuibles a eventos físicos, por ello estas deben ser validadas mediante evidencia física de su ocurrencia. Una vez validadas las verdaderas CRF, se procede a definir las siguientes hipótesis, las cuales son atribuibles a errores humanos que pueden estar provocando la Causa Raíz Física, estas se definen con la siguiente pregunta:

¿Por qué ocurrió la Causa Raíz Física?

Una vez definidas y validadas las Causas Raíces Humanas, se procede a definir y validar la verdadera causa raíz del problema inicial, ya que sobre esta causa raíz (Causa Raíz Latente) se van a proponer los planes de acción de mejora para eliminar por completo el problema y así crear una barrera para evitar su recurrencia en el futuro. Por lo tanto para definir la CRL se explora la pregunta:

¿Por qué ocurrió la Causa Raíz Humana?

La validación de cada una de las hipótesis planteadas en cada uno de los niveles del Árbol Lógico de Fallas se realiza no solo con el fin de verificar que ocurre realmente dicha causa raíz, si no que se pretende obtener calidad en el proceso de validación de causas raíces y así obtener un producto de buena calidad (Causa Raíz consistente). Una

vez definidas las CRF, CRH y CRL para cada hipótesis validada, estas se representan gráficamente en el Árbol Lógico de Fallas mediante la conexión con sus respectivas hipótesis (ver figura 6).

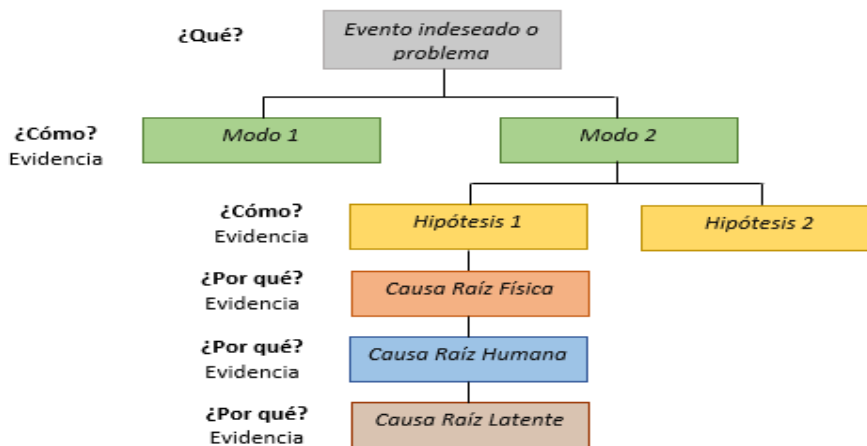


Figura 6. Hipótesis en el Árbol Lógico de Fallas.

3.5 ETAPA 5. Planteamiento de Soluciones.

Uno de los pasos más importantes, después de haberse realizado el Análisis Causa-Efecto en el Árbol Lógico de Fallas, es determinar las acciones de mejora que resolverán el problema de forma sustentable, de tal manera que éste no debe repetirse. Por ello se deberán plantear las acciones necesarias para solucionar el problema de raíz atacando las Causas Raíces Latentes que se identificaron al final del ACR, ya que estas son quienes realmente ocasionaron la cadena de eventos que originaron el problema; mas sin embargo, no hay que dejar por un lado la importancia de corregir las Causas Raíces Físicas para dar continuidad al proceso a corto o mediano plazo.

Una vez identificadas las CRL, el equipo de ACR debe trabajar en conjunto para desarrollar una lista de posibles acciones de mejora destinadas a crear barreras del sistema cuando éstas no existan, o a corregir y fortalecer aquellas que no funcionaron adecuadamente. Para priorizar el potencial de cada una de las acciones de mejora propuestas es conveniente preguntarse lo siguiente: ¿Qué resultará de implementar esta acción? y ¿Cuál sería el resultado de no implementar esta acción?

Un aspecto muy importante a considerar la implantación de las acciones de mejora, consiste en que estas deben estar dirigidas fundamentalmente a los procesos, ya que los cambios relacionados con el desempeño individual tienen resultados limitados. El mayor

80 Rodolfo Cota Borbón, Jorge G. Mendoza León, Aarón F. Quirós Morales, Rafael López Zazueta, Rubén Varela Campos

impacto posible se alcanza al trabajar más sobre las estructuras y procesos y menos sobre las personas.

4 Resultados

El problema que se tiene es relacionado con “Lamina defectuosa”; ya que a principios del año 2014, este problema ha presentado síntomas que se han detectado mediante el incumplimiento al objetivo de disminuir el porcentaje de Lamina defectuosa, el cual tiene como meta 1.90% y se ha obtenido como resultado porcentajes superiores que rebasan la meta establecida por el área de Corrugadora. Esta problemática a su vez, ha afectado considerablemente por su mayor nivel de porcentaje de desperdicio al incumplimiento del indicador del SGC que recibe el nombre de Desperdicio con cargo al área de Corrugadora durante el periodo Enero-Marzo de 2014. De igual forma este tipo de desperdicio ha incurrido en costos de procesamiento y falta de capacidad para minimizar costos de producción en dicha área. Esto da la pauta para continuar el análisis en otra etapa del ACR e iniciar la construcción del Árbol Lógico de Fallos.

5 Conclusiones

Los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología de Análisis Causa Raíz a la problemática del desperdicio de lámina defectuosa fueron considerablemente favorables, ya que en análisis anteriores con las herramientas de calidad (Diagrama de Ishikawa y técnica de 5 Porqués), solo se determinaban causas que la metodología de ACR encontraba en una de sus primeras etapas de análisis. Por lo que los resultados del ACR determinaron que una de las principales CRL con mayor índice de ocurrencia sobre su respectivo modo de falla y a la vez sobre la problemática, son atribuibles a la ausencia de un sistema de Monitoreo de humedad en el proceso productivo de papel, sin dejar a un lado las demás CRL determinadas que también son importante atacarlas. Por lo que se sugirió al área de Corrugadora que atienda de manera inmediata esta causa, ya que es que mayor se ve influenciada sobre la problemática y que si no se atiende primeramente, la minimización del desperdicio de lámina defectuosa sería bajo si se atiende primeramente las demás CRL con menor índice de influencia.

Referencias

1. Landois. (2014). *Total Quality Management*. From <http://www.iinscom.com/cursos/total-quality-management/analisis-de-problemas-ruta-de-calidad/>
2. Castro, L. (2010). La Gestión Visual factor clave para el control de procesos. *Apsoluti*, 2,4.
3. Cesc, A. F. (2011). *FeedBackGround, Operations and Business Processes*.

4. Cicero Oneto, C., Zapata Tarrés, M., Ortega Ríos, F., Castillo Martínez, D., Juárez Villegas, L., Moreno Espinoza, S., et al. (2012). Análisis de Causa Raíz como herramienta para identificar problemas en la atención de pacientes pediátricos como leucemia linfoblástica aguda. *Bol Med Hosp Infant Mex* , pp. 255-256.
5. Cuatrecasas, L. (2010). *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*. España: Profit Editorial.
6. Alles, M. A. (2005). *5 pasos para transformar una oficina de personal en un área de recursos humanos*. Grancia: Ediciones, S.A.
7. Altmann, C. (s. f). El Análisis de Causa raíz, como herramienta en la mejora de la Confiabilidad. pp. 2-5.
8. Amendola, L. J. (2006). *GESTIÓN DE PROYECTOS DE ACTIVOS INDUSTRIALES*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
9. Arata, A. (2009). *INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL EN PLANTAS INDUSTRIALES*. Santiago de Chile: RIL editores.
10. Arrieta, J. G. (2007). Interacción y conexiones entre las técnicas 5 S's, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo. *Columbia Journal of Economics, Finance and Administrative Science* .
11. Bernstein, R. (2008). *Herramientas Visuales en la Manufactura Esbelta*. España: Ideas Propias Editorial.
12. Brady, W. (2011). *Fábrica Visual para Manufactura Esbelta*. Instituto, QMI/Visual Lean. Brady Worldwide Inc. Retrieved febrero de 2014 from <http://www.bradylatinamerica.com/>
13. Díaz Hernández, J. A., & Tasco Quintero, J. A. (2007). Aplicación de la metodología Análisis Causa-Raíz (ACR) para la reducción de fallas en las bombas de subsuelo del sistema de bombeo mecánico en pozos críticos del campo LA CIRA-INFANTAS. *Universidad Industrial de Santander* .
14. Esperón, G. E. (2004). *Mapeo de procesos para sugerir mejoras en una empresa del ramo llantero*. Puebla.
15. Espinosa Fuentes, F. (s. f). CONFIABILIDAD OPERACIONAL DE EQUIPOS: METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS . *UNIVERSIDAD DE TALCA* , pp. 1.
16. FUNDIBEQ. (s. f). DIAGRAMA DE PARETO. *FUNDIBEQ* , pp. 5.
17. Galgano, A. (1995). *Los siete instrumentos de la calidad total*. España, Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
18. García, O. (2005). El Análisis Causa Raíz, Estrategia de Confiabilidad Operacional. *Reliability World Latín América* , pp. 1-12.
19. Gopalakrishnan, N. (2010). *Simplified Lean Manufacture Elements, Rules, Tools and Implementation*, . New Delhi: PHI.
20. Greiff, M. (2001). *Métodos visuales para mejorar la productividad*. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
21. ISO 9000. (2005). *Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario*. *Secretaría Central de ISO* , pp. 7,14.

82 Rodolfo Cota Borbón, Jorge G. Mendoza León, Aarón F. Quirós Morales, Rafael López Zazueta, Rubén Varela Campos

22. ISO 9001. (2008). Sistemas de Gestión de Calidad - Requisitos. *Secretaría Central de ISO* , pp. vi-16.
23. Martínez Calderón, J. A. (2009). Propuestas para el incremento de la confiabilidad de los equipos críticos, basado en un Análisis de Causa Raíz. *Universidad de Oriente* , pp. 36.
24. Martínez Pérez, F., & Barroso Moreno, A. (2008). Aplicación de la tribología y el análisis de la causa raíz (RCA) en motores de combustión interna. *Ediciones MECÁNICA* , pp. 53-55.
25. Mosquera, G., Perdomo Ojeda, M., & Ferrero Hernández, R. (2001). *Tratamiento de las fallas dependientes y las acciones humanas en los análisis de confiabilidad y riesgo en la industria convencional*. La Habana, Cuba: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
26. Ortiz, Z. (2011). El Análisis Causa-Raíz (ACR). Instrumento para la búsqueda e implementación de soluciones para evitar las muertes maternas, fetales y neonatales. *Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF)* , pp. 112.
27. Plaza, M. Á. (2003). *Modelo para la gestión estratégica de la calidad total: aplicación a la empresa agroalimentaria*. . EOI Esc. Organización Industrial.
28. Parra Márquez, C. A., & Crespo Márquez, A. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*. Sevilla, España: Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento.
29. Pazos Longart, I. (2002). DESARROLLO DE MEJORAS PARA LA REDUCCIÓN DEL DESPERDICIO GENERADO EN LA MÁQUINA CORRUGADORA DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE EMPAQUES DE CARTÓN. *UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO* .
30. PEMEX. (s. f). Metodología de Análisis Causa Raíz (ACR). *Aprendizaje Virtual* , pp. 12-28.
31. PEMEX. (s. f). Sistema de Confiabilidad Operacional. *Aprendizaje Virtual* .
32. Revista Fortune. (2010). 100 Empresas más grandes del mundo. *Fortune 500* .
33. Santiago Carrillo, R. L. (2008). LA IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD EN EMPRESAS AGRÍCOLAS. *Universidad Veracruzana* , pp. 2.
34. Shiba, S. (1995). *TQH: Desarrollos avanzados*. TPG Hoshin.
35. Siliceo, A. (2006). *Capacitación y desarrollo de personal*, . México: Editorial Limusa.
36. Torrell, F. &. (2010). *TPM en un entorno Lean Management*. España: Profit Editorial.
37. Vera Muñoz, H. (2011). Aplicación de la metodología Análisis Causa Raíz (ACR) para la eliminación de un mal actor en equipos críticos de la SOM-ECOPETROL S.A. *Universidad Industrial de Santander* , pp. 34-38.
38. Verdoy, J. M. (2006). *Manual de Control Estadístico de Calidad: Teoría y Aplicaciones*. Castellón de la plana: Universitat Jaume I.

39. Verdoy, P. J., Mahiques, J. M., Pellicer, S. S., & Prades, R. S. (2006). *MANUAL DE CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD: TEORÍA Y APLICACIONES*. Publicacions de la Universitat Jaume I.
40. Wilhelm, B. B. (2011). *Increased illuminance at the workplace: Does it have advantages for daytime shifts?*

Implementación de un Programa de Gestión de Riesgos Ergonómicos para la Mejora en Centros de Trabajo

Anahi Luque-Acuña¹, Jaime Alfonso León-Duarte¹, Arnulfo Aurelio Naranjo-Flores²

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

anahiluque2009@hotmail.com, jleond@industrial.uson.mx

²Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Ingeniería industrial, Kino y Blvd. Villa Itson S/N, C.P. 85201, Cd. Obregón, Sonora, México
arnulfo.naranjo@itson.edu.mx

Resumen: El estudio consiste en la implementación de un programa para la gestión de riesgos ergonómicos en un centro de trabajo, en el cual se han identificad Riesgos por posturas no adecuadas y repetitividad en los movimientos. En el documento se da a conocer una metodología, que se basa especialmente en la identificación, evaluación y control de riesgos. De los resultados más significativos obtenidos de la aplicación de dicha metodología, fue reconocer los factores de riesgo, mediante el método de evaluación ergonómica Susan Rodgers, con el que se dieron a conocer los principales grupos de músculos con mayor nivel de riesgo; además, se establecieron e implementaron propuestas de mejora para disminuir el nivel de riesgo al que se encontraban expuestos los trabajadores, donde se tomaron como referencia cartas antropométricas del personal. Por último se dan a conocer las principales conclusiones obtenidas en el estudio.

Palabras clave: Ergonomía, gestión de riesgos ergonómicos, trastornos musculoesqueléticos.

1 Introducción

El estudio comprende la implantación de un programa para la gestión de riesgos ergonómicos, en el que se realice la identificación y evaluación de riesgos ergonómicos en un centro de trabajo, mismos que se han originado por posturas no adecuadas y repetitividad en los movimientos. El estudio se enfocará a una estación en particular del área de Producción, en la que recientemente se han observado diversos factores de riesgo

Anahi Luque-Acuña, Jaime Alfonso León-Duarte y Arnulfo Aurelio Naranjo-Flores, *Implementación de un Programa de Gestión de Riesgos Ergonómicos para la Mejora en Centros de Trabajo*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Eliás, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 84-93, 2014.

a los que podrían estar expuestos los trabajadores. Cabe señalar, que en el área bajo estudio no se han realizado investigaciones previas a la que se pretenden llevar a cabo. El objetivo es implementar un programa de gestión de riesgos ergonómicos, para la identificación, evaluación y control de riesgos ergonómicos asociados a trastornos musculoesqueléticos por posturas inadecuadas y repetitividad en los movimientos. En los siguientes apartados del documento se hace referencia a información teórica consultada para dicho estudio, como conceptos de ergonomía, se habla acerca de los trastornos musculoesqueléticos y su impacto en el Estado de Sonora y por último se habla acerca de los Programas de Gestión de Riesgos Ergonómicos; así también se muestra la metodología utilizada, con la que se busca identificar el nivel de riesgo en el área bajo estudio mediante el método de evaluación Susan Rodgers; posteriormente, una vez identificado el nivel de riesgo se busca establecer estrategias de control para reducir los mismos y a su vez llevar a cabo un seguimiento y control. Además, se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología mencionada anteriormente, así como se muestran las principales conclusiones obtenidas en el estudio.

2 Marco Teórico

Se muestra información teórica tomada como referencia en el estudio.

2.1 La ergonomía

Para el logro de la ergonomía participativa, las actividades van a orientadas al diagnóstico, evaluación y propuestas de solución a un problema específico; así también, es necesario establecer un rol muy importante al trabajador, ya que son ellos los que realmente conocen el área de trabajo en la que se desempeñan [1].

Así también, la ergonomía al tener como objetivo el diseño de centros de trabajo y entorno de las personas proporciona una orientación hacia las necesidades fisiológicas de los operadores para el diseño equipos y maquinaria [2].

Es por lo anterior, que tiende a apoyarse de otras técnicas, como la antropometría para obtener las dimensiones físicas de los usuarios de éstos sistemas [3], ya que dicha técnica constituye un papel fundamental para el diseño ergonómico en los centros de trabajo [4].

2.2 Trastornos musculo esqueléticos (TME)

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) suelen ser resultado de una inadecuada carga musculoesquelética relacionada con el trabajo, por lo que a largo plazo, puede convertirse en la principal causa de estos trastornos [5].

Factores de riesgo para el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos pueden ser una estación de trabajo no adecuada a las características físicas de los trabajadores,

procedimientos de trabajo, así como herramientas, por lo que una intervención ergonómica puede mejorar este tipo de condiciones y a su vez, la economía de la nación [6].

De acuerdo a un estudio realizado se puede observar que gran parte de las Enfermedades Profesionales existentes en los centros son acerca de trastornos musculoesqueléticos [7] (ver figura 1.).

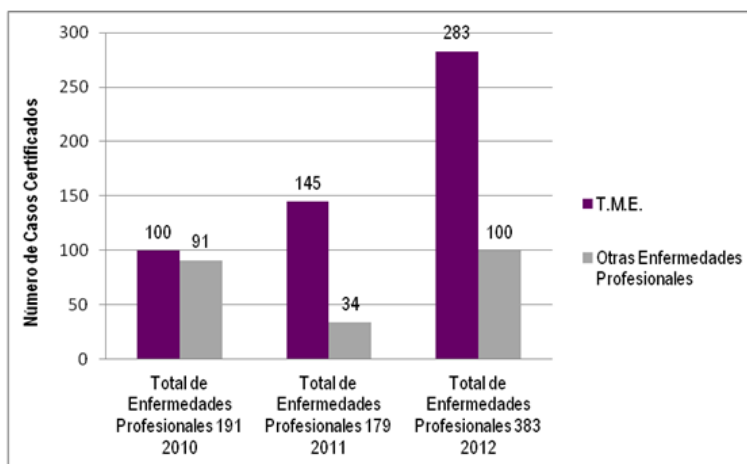


Figura 1. Prevalencia de los Trastornos musculo esqueléticos en las Enfermedades Profesionales (2010-2012). Fuente: Sandoval y Gil (2014).

En la gráfica anterior se puede observar que de acuerdo a la prevalencia de Trastornos Musculo-esqueléticos en las Enfermedades Profesionales, es mayor la cantidad que existente de éstos en el periodo del 2010 al 2012, a diferencia de otras enfermedades Profesionales, la cual es menor en dicho periodo de tiempo. Por lo anterior, se puede hacer notar como existe gran cantidad de este tipo de trastornos, por lo que se deben de tomar ciertas medidas para la disminución de esta gran cantidad.

En la figura 2 se muestran los trastornos musculo-esqueléticos de los trabajadores por región anatómica y género.

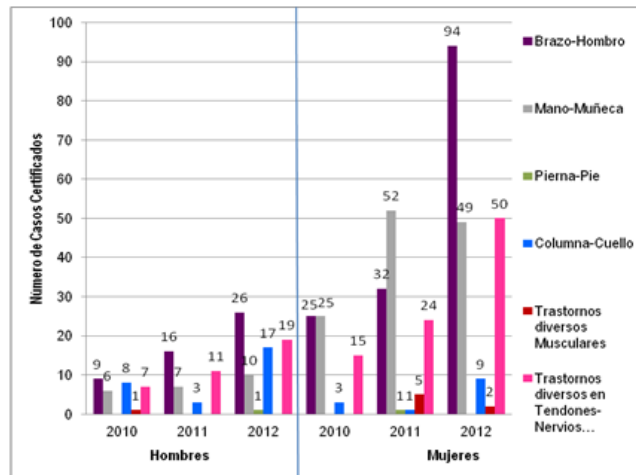


Figura 2. Trastornos Musculo-esqueléticos de los trabajadores por región anatómica y género (2010-2012) (Sandoval y Gil, 2014)

La gráfica anterior muestra que los TME's tienden a ser más frecuentes en el género femenino, por lo que los hombres tienen una menor probabilidad de padecer este tipo de trastornos, según el número de casos presentados del 2010 al 2012. Así también, se puede observar que el mayor número de trastornos se presentaron en brazos y hombros, tanto en hombres como en mujeres, seguido por manos y muñecas para el caso de las mujeres y trastornos diversos en tendones y nervios para el caso de los hombres.

2.3 Programa de gestión de riesgos ergonómicos

Los programas de participación ergonómica en los centros de trabajo, por lo general son utilizados para la elaboración de estrategias que permitan la reducción de trastornos musculo-esqueléticos en el lugar de trabajo [8].

3 Descripción del Problema a Abordar

Se plantea la necesidad de una intervención ergonómica en una estación de un centro de trabajo, donde se han identificado factores de riesgo como posturas inadecuadas y movimientos repetitivos, a los cuales se encuentran expuestos los operadores, lo que podría originar trastornos musculo-esqueléticos a corto plazo.

4 Metodología

Se muestra una estructura metodológica que toma como referencia al Sistema de Gestión de Salud y Seguridad, dado a conocer por la Asociación de Seguridad de Ontario para la Comunidad y Salud [9].



Figura 3. Metodología de implementación de programas de gestión de riesgos ergonómicos

La primera y segunda etapa de la metodología corresponden a identificar el nivel de riesgo que se encuentra en las estaciones de trabajo, para lo cual se pueden emplear diferentes métodos de evaluación ergonómica. La siguiente etapa consiste en implementar estrategias de control para reducir los riesgos, fomentar una cultura de la seguridad organizacional; en la etapa de evaluación y acciones correctivas se realiza un seguimiento a los riesgos identificados en las etapas anteriores, donde se pretende hacer evaluaciones correctivas cuando sea el caso, así como establecer mecanismos para monitorear y medir el desempeño en salud y seguridad y las mejoras realizadas en las estaciones de trabajo, controlar los riesgos laborales, asegurarse de que todos los controles se registran y además los datos de medición. Por último, en la etapa de revisión estratégica y mejora continua, se busca dar a conocer los resultados a la Dirección de la Organización con el fin de obtener retroalimentación por parte de los mismos, así como dar seguimiento a los objetivos establecidos, revisión periódica del nivel de riesgos, así como evaluaciones de los hallazgos encontrados y posibles soluciones a ser implementadas.

5 Resultados

Se dan a conocer los resultados obtenidos en el estudio, los cuales comprenden a las fases de la implementación de dicha metodología.

5.1 Reconocimiento del riesgo

Para esta etapa se identificaron posturas que adopta el trabajador durante el desarrollo de actividades, las cuales podrían establecerse como factores de riesgo. A continuación se muestran algunas de estas posturas:

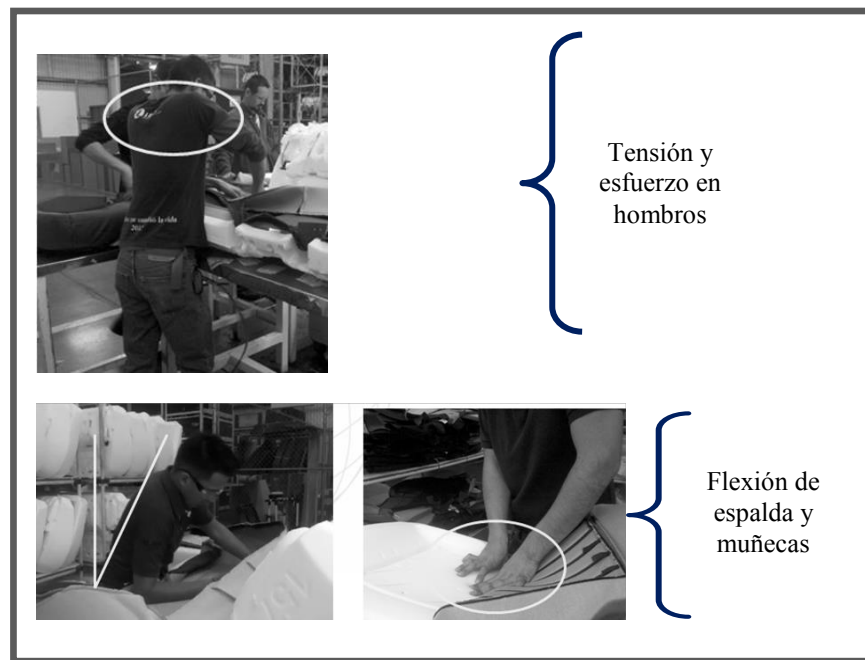


Figura 4. Posturas y factores de riesgo en la estación 1

5.2 Identificación y evaluación de los factores de riesgo

Debido a que en las observaciones realizadas en la etapa anterior, se encontraron posibles factores de riesgo a los que se encontraban los trabajadores, se hizo la siguiente evaluación para determinar el nivel de riesgo, con el método Susan Rodgers, mismo que

evalúa grupos de músculos como: cuello, hombros, espalda, brazos y codos, manos, muñecas y dedos, rodillas y piernas, así como pies y tobillos. La evaluación se muestra a continuación:

Tabla 1. Evaluación Susan Rodgers, estación 1

Grupo de músculos	Estación 1
Cuello	2
Hombros	8
Espalda	5
Brazos y codos	5
Muñecas, manos y dedos	10
Piernas y rodillas	2
Tobillos, pies y dedos	2

En la tabla anterior se puede observar que el mayor nivel de riesgo se encuentra en muñecas, manos y dedos, con un nivel de riesgo muy alto, mientras que espalda, hombros con un nivel alto; brazos y codos presentan moderado y por último, el resto del grupo de músculos tienen riesgo bajo.

5.3 Gestión y Control de Riesgos

En la estación 1 se hicieron propuestas de mejora, considerando también las medidas antropométricas. La mejora consistió en poner un ángulo de inclinación a la superficie de la mesa para disminuir la tensión en hombros, flexión de espalda y muñecas, así como el cuello. Para establecer la propuesta se tomaron en cuenta las medidas antropométricas del personal del área, las cuales fueron obtenidas en un estudio realizado recientemente en la misma Organización [10]. La justificación de las medidas de la mesa, tomando como referencia las medidas antropométricas a ser utilizadas, se enlistan a continuación:

- Distancia ≤ 72 cm: Para evitar flexión de la espalda, evitar estiramiento y para una mejor distribución del espacio de trabajo.
- Altura ≤ 133 cm: Para evitar trabajar por encima de la altura de los hombros.
- Altura ≤ 101 cm: Por el tipo de operación que se realiza en la estación, se recomienda una altura entre 10 y 30 cm por debajo del nivel del codo, según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

En la figura 4.30 se muestra la propuesta realizada para la estación de trabajo mencionada anteriormente. Con esto, se espera una disminución en los niveles de riesgo identificados en la etapa 2 de la metodología, al hacer la evaluación con el método Susan

Rodgers y con esto que el operador se desempeñe en un ambiente más cómodo y seguro, de acuerdo a sus condiciones físicas. A continuación se muestra la estación de trabajo con la propuesta implementada:

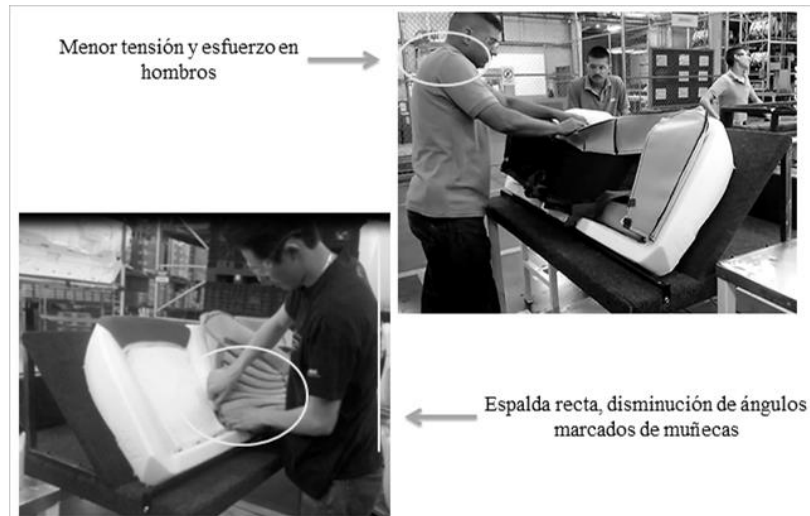


Figura 5. Propuesta implementada en la estación

Como se observa en la figura anterior, al realizar la implementación de la propuesta en la estación se puede observar menor tensión y esfuerzo en hombros y brazos. Además se observa espalda recta, disminución de ángulos marcados de muñecas.

5.4 Evaluación y Acciones Correctivas

Una vez implementada la propuesta en la estación de trabajo, ésta fue aprobada por los trabajadores. Cabe mencionar, que los resultados en el desempeño de operaciones con la nueva mesa, fueron favorables. Pero además, se recibió retroalimentación por parte de ellos, donde se propuso que el ángulo de 45° se disminuyera, por lo que se hicieron ajustes a la mesa, donde pudiera ser flexible el cambio de posición. Por lo que una vez probada nuevamente por los operadores, se decidió que el ángulo fuera de 30° , ya que así podían desarrollar de mejor manera sus operaciones.

Así mismo, se volvió a hacer una evaluación, con el mismo método ergonómico que se había utilizado anteriormente, donde se obtuvo que todos los grupos de músculos tuvieron un nivel de riesgo bajo, ya que se pudo observar que los operadores en el desarrollo de sus

operaciones presentaban una menor tensión en hombros, menor flexión en espalda y muñecas, entre otros factores que permitieron disminuir el riesgo.

5.5 Revisión Estratégica y la Mejora Continua

En esta etapa se dieron a conocer los resultados obtenidos al personal administrativo de la Organización (Gerente de Planta, Gerente de Operaciones, Gerente de Manufactura, Gerente de Mantenimiento, Gerente de Ingeniería, así como supervisores de diferentes áreas), con el fin de retroalimentar el liderazgo y compromiso en la identificación de riesgos; además comunicar y dar seguimiento a los objetivos de salud, establecer responsables de realizar revisiones periódicas del nivel de riesgo en las estaciones de trabajo y evaluar las oportunidades de mejora continua.

6 Conclusiones

Se dio cumplimiento al objetivo general del estudio, ya que se diseñó e implementó un programa de gestión de riesgos ergonómicos en una empresa de autopartes, para la identificación, evaluación y control de riesgos ergonómicos asociados a trastornos musculoesqueléticos por posturas inadecuadas y repetitividad en los movimientos. Así también, se cumplieron los objetivos específicos al diagnosticar las situaciones de riesgo en la que se encuentran los operadores por posturas inadecuadas y movimientos repetitivos, mediante la aplicación del método ergonómico Susan Rodgers; se diseñó el programa, de tal forma que contemplara los elementos necesarios para la identificación y evaluación de riesgos ergonómicos asociados a trastornos musculoesqueléticos por posturas inadecuadas y repetitividad en los movimientos; se documentó la información como parte del programa de gestión y por último se implementó el programa para obtener conocimiento del nivel de riesgo en el que se encuentran los operadores en las estaciones de trabajo.

Realizar un estudio ergonómico no es una tarea sencilla, pero que cuando se toma como factor principal los operadores que pertenecen a las estaciones de trabajo, con el fin de disminuir el nivel de riesgo al que se encuentran expuestos, puede resultar más sencillo, a la hora de dar a conocer propuestas de mejora a los administrativos de la organización.

Se recomienda dar un seguimiento y control a los riesgos encontrados. Prestar una mayor atención a la hora de las primeras etapas de la metodología, al identificar los factores de riesgo, hacer un análisis que permita obtener con mayor certeza los riesgos encontrados.

Así también, se recomienda que a la hora de establecer propuestas de mejora a los administrativos de la Organización siempre se establezca en las propuestas los beneficios que se obtendrán desde el punto de vista de proteger y mejorar la salud y seguridad del trabajador, como el factor más importante a tomar en cuenta en cada uno de los cambios o rediseños que se hagan en las estaciones.

Referencias

1. SINERCO, 2009. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado el 14 de Agosto de 2014, de Buenas prácticas para el diseño de puestos de trabajo en el sector metal:
2. http://www.insht.es/musculo esqueleticos/contenidos/buenas%20practicass/nacional/bp_ergonomiatme_ugtmetal.pdf
3. Dewangana, K., Owarya, C. & Datta, R., 2008. Anthropometric data of female farm workers from north eastern India and design of hand tools of the hilly region. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Volumen 38, p. 90–100.
4. Mokdad, M. & Al-Ansari, M., 2009. Anthropometrics for the design of Bahraini school furniture. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Volumen 39, p. 728–735.
5. Dianat, I., Karimi, M. A., Hashemi, A. A. y Bahrapour, S., 2013. Classroom furniture and anthropometric characteristics of Iranian high school students: Proposed dimensions based on anthropometric data. *Applied Ergonomics*, Volumen 44, pp. 101-108.
6. Roman-Liu, D., 2013. Comparison of concepts in easy-to-use methods for MSD risk assessment. *Applied Ergonomics*, Volumen XXX, pp. 1-8.
7. Gangopadhyay, S. y Dev, S. (2014), “Design and Evaluation of Ergonomic Interventions for the Prevention of Musculoskeletal Disorders in India”. En *Revista Annals of Occupational and Environmental Medicine* [En Línea] 26:18, Julio de 2014, Universidad de Calcutta, India
8. Disponible en
9. <http://www.aoemj.com/content/pdf/2052-4374-26-18.pdf>
10. [Accesado el 24 de Julio de 2014]
11. Sandoval, J. y Gil, A., 2014, Caracterización de los Trastornos Musculo esqueléticos de Tipo Laboral en el Estado de Sonora. Tesis de Licenciatura. Ciudad Obregón. Instituto Tecnológico de Sonora
12. Rivilisa, I., Eerda, D. V., Cullena, K. & Colea, D. C., 2008. Effectiveness of participatory ergonomic interventions on health outcomes: A systematic review. *Applied Ergonomics*, Volumen 39, p. 342–358.
13. (OSACH), O. S., 2010. Recuperado el 2 de Noviembre de 2013, de http://www.osach.ca/products/ffacts_e/PH-FHSM0-E-100301-TOR-001.pdf
14. León-Duarte, J. A., Flores, A. A., y Luque-Acuña, A., 2013. Cartas antropométricas de Hombres y Mujeres de una Empresa de Autopartes en el Estado de Sonora. *Academia Journals*, 1797-1801.

Instauración de un Sistema de Administración en Seguridad y Salud en el Trabajo en un Molino Harinero

Krisbel Berenice López-Bajo¹, Amina Marín-Martínez¹, René Daniel Fornés-Rivera²

¹Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial,
Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
Krislb1514@gmail.com, amarin@industrial.uson.mx
Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Ingeniería industrial, Kino y Blvd. Villa ITSON
S/N, C.P. 85201, Cd. Obregón, Sonora, México
Rene.fornes@itson.edu.mx

Resumen. El presente trabajo tiene como objetivo instaurar un sistema de gestión en un molino harinero, este sistema tiene por nombre Sistema de Administración en Seguridad y Salud en el Trabajo (SASST) que forma parte del Programa de Autogestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (PASST), programa preventivo de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS). Primeramente para instaurar el SASST, fue necesario evaluar cada uno de los capítulos: Involucramiento directivo, Planeación y ejecución, Seguimiento operativo, Evaluación de resultados y Control documental. A partir de los resultados de la evaluación, se programaron y realizaron las acciones tanto correctivas como preventivas, de tal manera que el molino cumpla con todo los requisitos de seguridad y se trabaje bajo el concepto de mejora continua.

Palabras clave: Seguridad, Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo, PASST, SASST.

1 Introducción

El enfoque actual de la seguridad y salud en el trabajo en el mundo y la necesidad de reducir o eliminar los accidentes y enfermedades de trabajo, han obligado en los últimos años a dar un cambio en esta temática, integrándola a la actividad empresarial como sistema a partir de su importancia para el logro de los objetivos estratégicos de la organización y el incremento de la calidad de vida de los trabajadores [1].

La presente investigación se realiza en un molino harinero, empresa de giro alimenticio dedicada a la producción y venta de harina de trigo. Esta empresa se encuentra dividida

Krisbel Berenice López-Bajo, Amina Marín-Martínez y René Daniel Fornés-Rivera, *Instauración de un Sistema de Administración en Seguridad y Salud en el Trabajo en un Molino Harinero*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 94-103, 2014.

en cinco áreas: Oficinas administrativas, Molienda, Almacén de producto y empaque, Recepción de trigo y Patios; cuenta con 130 personas distribuidas en tres turnos, las cuales laboran de acuerdo a los objetivos y políticas de calidad para cumplir con un buen producto y atención; sin embargo la falta de integración e involucramiento directivo que se ha presentado en materia de seguridad ha ocasionado un descontrol de las condiciones y medidas de seguridad y salud en el trabajo.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es instaurar y documentar un proceso de mejora continua del sistema de administración de la seguridad y la salud en el trabajo a partir del programa de autogestión de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

A continuación se presenta un marco teórico donde se presenta una breve descripción del sistema de gestión en seguridad en México, seguido de la descripción del problema a abordar, el desarrollo de la solución y sus resultados y finalmente las conclusiones del trabajo realizado.

2 Marco Teórico

La aplicación de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) se basa en criterios, normas y resultados pertinentes en materia de SST. Tiene por objeto proporcionar un método para evaluar y mejorar los resultados en la prevención de los incidentes y accidentes en el lugar de trabajo por medio de la gestión eficaz de los peligros y riesgos en el lugar de trabajo [2].

Un SG-SST aquí en México es el SASST, el cual forma parte del Programa de Autogestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (PASST), programa preventivo de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) [3]. Molino Harinero fue una empresa que decidió instaurar el SASST, a continuación se muestra la implementación de este sistema.

3 Descripción del Problema a Abordar

Molino Harinero, no cuenta con un sistema de gestión de seguridad documentado, dando como resultado una mala planeación y ejecución de disposiciones normativas de seguridad que deberían aplicarse; la falta de integración e involucramiento directivo; y por consiguiente no se tiene un control de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo.

4 Desarrollo de la Solución

Para dar solución al problema descrito, se propone llevar a cabo una metodología (Figura 1) que trabaje bajo el contexto de mejora continua de los sistemas de gestión y a su vez se realicen cada uno de los pasos del PASST solamente en lo referente a la instauración del sistema de administración.



Figura 1. Metodología propuesta.

1. La evaluación del SASST se realizará mediante la aplicación de la “Guía para la evaluación del funcionamiento de sistemas de administración en seguridad y salud en el trabajo” de la STPS, esta guía contiene los siguientes capítulos: involucramiento directivo, planeación y ejecución, seguimiento operativo, evaluación de resultados y control documental. Estos capítulos a su vez contienen apartados que serán revisados para ver su cumplimiento y será contestada a partir de la verificación física, documental, registral y con entrevistas a los responsables de cada departamento involucrado. Por último se obtendrá una calificación del cumplimiento total.
2. Se programarán cada una de las acciones tanto correctivas como preventivas, que resulten de la verificación realizada a partir de la guía, indicando fecha de realización y los responsables de realizar las acciones correspondientes.
3. Las acciones programadas se llevarán a cabo, de tal manera que se irá instaurando cada uno de los capítulos y apartados del SASST de acuerdo a los requisitos de la guía.
4. Por último, se realizará una evaluación integral, esta vez con la presencia de la STPS, quien validará y dará los resultados de la instauración.

5 Resultados

La implementación y los resultados de la evaluación se muestran a continuación:

5.1 Evaluación del SASST

Para llevar a cabo esta evaluación, se realizaron una serie de reuniones donde acudieron los representantes de cada uno de los departamentos. La dinámica de la reunión fue presentar la guía de evaluación del funcionamiento de sistemas de administración en seguridad y salud en el trabajo, leer cada uno de los criterios que se manejan y contestar a cada uno de estos comprobando con documentación y registros. El porcentaje que se obtuvo en la evaluación se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de evaluación del SASST

Capítulo	Apartado	Puntuación	Cumplimiento
A.	Involucramiento directivo	42.00	76.36%
1	Política	13.00	86.67
2	Dirección	6.00	60.00
3	Liderazgo	3.00	60.00
4	Organización	15.00	100.00
5	Competencia	5.00	50.00
B.	Planeación y ejecución	138.00	70.77%
6	Diagnóstico	12.00	40.00
7	Medidas preventivas y correctivas	18.00	72.00
8	Programa de seguridad y salud en el trabajo	26.00	86.67
9	Capacitación	28.00	93.33
10	Comunicación	8.00	80.00
11	Atención de emergencias	13.00	65.00
12	Contratistas	19.00	76.00
13	Adquisiciones	8.00	80.00
14	Gestión del cambio	6.00	40.00
C.	Seguimiento operativo	13.00	86.67%
15	Supervisión	13.00	86.67
D.	Evaluación de resultados	48.00	73.85%
16	Vigilancia a la salud de los trabajadores	16.00	80.00
17	Investigación de accidentes y enfermedades	21.00	84.00
18	Auditorias	11.00	55.00
E.	Control documental	5.00	50.00%
19	Control de documentos	5.00	50.00
Calificación global		246.00	72.35%

La evaluación realizada, de acuerdo a la tabla anterior, muestra un porcentaje de cumplimiento bajo para cada uno de los capítulos, incluso el capítulo B de Planeación y ejecución, presentó dos apartados por debajo del 50% de cumplimiento, representando un problema grande ya que ocasiona una disminución del porcentaje global cayendo en un 72.35% de cumplimiento, que de acuerdo con la STPS y el PASST es un porcentaje bajo y no aceptable para la certificación como empresa segura. Por lo tanto, es necesario programar y realizar las acciones correctivas y preventivas correspondientes.

5.2 Programar Acciones

Se programaron cada una de las acciones que mostraron incumplimiento. Esta programación fue realizada en el formato oficial de la empresa y fue vaciada en el sistema que proporciona la STPS.

5.3 Realizar las Acciones

Las acciones correctivas y preventivas programadas fueron llevadas a cabo para cumplir con los requisitos del Sistema de Administración. A continuación se muestran cada una de éstas ordenadas de acuerdo al capítulo correspondiente.

A. Involucramiento Directivo

Política

La acción que se realizó fue documentar la política y se dio a conocer a la gerencia, de tal manera que se autorizara mediante la firma del Gerente general. A partir de esto, la política de seguridad fue publicada y difundida a través de trípticos, en paneles de información y enmarcada en cada una de las áreas importantes de la empresa, tal es el caso de las áreas de entrada de personal y visitantes, en patios, en sala de juntas y en gerencia (Figura 2).



Figura 2.Publicación y difusión de política de seguridad

Dirección

Para el cumplimiento de este punto, se dio a la tarea de involucrar a la gerencia en cada una de las actividades correspondientes a seguridad. Una de las acciones realizadas fue la elaboración de minutas de las auditorías e investigaciones de accidentes, estas minutas pasaron a manos del Gerente general, las analizó y autorizó las actividades que él consideró prioritarias. Con esta acción, la gerencia se verá involucrada en la seguridad de la empresa.

Liderazgo

Para poder operar el SASST es necesario que exista un responsable con nivel de mando, por lo tanto, el Jefe de seguridad de la empresa, fue designado como el responsable. El Jefe de seguridad fue capacitado en el manejo del PASST, se evaluó y se documentó su nivel de mando en el SASST.

Organización

No solamente el Jefe de seguridad debe fungir en actividades de seguridad, cada uno de los directivos y demás personal de la empresa debe tener participación de alguna manera en la materia. Para verificar el cumplimiento de este punto, se revisó el Sistema de Gestión de Calidad, dentro de la descripción de puestos, se encontró que en el punto ocho ya se encontraba la asignación de funciones en seguridad.

B. Planeación y Ejecución

Diagnóstico

Para la elaboración del diagnóstico, este apartado nos indica que es requisito que la Comisión de Seguridad e Higiene participe en esta actividad. La acción que se realizó para cumplir fue involucrar a la comisión en los recorridos de verificación, de tal manera que se realizó un recorrido extraordinario, el cual se registró en el acta de recorridos de la comisión, indicando que era para contestar las evaluaciones del diagnóstico.

Otro punto de este apartado es tener autorizaciones internas para la operación de maquinaria o equipo, para ello, se realizó un listado de las personas capacitadas para llevar a cabo este tipo de actividades. Esta lista fue autorizada y revisada por el Gerente de producción de la empresa.

Por último, un sistema de información sobre accidentes y enfermedades laborales y sus consecuencias por procesos, áreas, departamentos y puestos de trabajo. Este punto se encontraba a un 50%, debido a que solamente la gerencia tenía conocimiento sobre las cifras, por lo tanto, se mandó elaborar un gran letrero con los accidentes y enfermedades ocurridos en el año, al igual que el área donde éste haya ocurrido. En la figura 3 se muestra evidencia de este letrero.



Figura 3. Información de accidentes

Capacitación

Se realizó un programa de capacitación en materia de seguridad y salud en el trabajo a partir de los resultados del diagnóstico. Este programa fue autorizado por la gerencia, se publicó y difundió al personal de la empresa mediante los paneles de información. En la figura 4 se puede observar la colocación del programa en el panel de oficinas administrativas.



Figura 4. Publicación del programa de capacitación

Comunicación

Mecanismos para recibir, difundir y dar a conocer información en materia de seguridad y salud en el trabajo. Un mecanismo para recibir fue la instalación de buzones para quejas y sugerencias, colocados en oficinas administrativas, patios, almacén y en la entrada al área de molienda. Esto permitirá conocer la opinión del personal y que su voz sea importante dentro de las decisiones en la mantería, sin embargo, hasta el momento no se ha registrado nada en los buzones.

Para difundir la información se realizaron diferentes trípticos sobre temas de seguridad, ejemplo de ello fue un tríptico del PASST que fue publicado y entregado a cada una de las personas que labora en la empresa. A continuación se muestra evidencia de la difusión de este mecanismo (Figura 5).



Figura 5. Entrega de tríptico de PASST

Atención de Emergencias

Se realizó un manual para la atención de emergencias que incluye los riesgos por área de trabajo de manera general, la integración de la brigada: nombre, puesto de trabajo, puesto en la brigada y dirección; los canales de comunicación con las autoridades competentes y los servicios de atención a emergencias.

D. Evaluación de Resultados

Vigilancia a la salud de los trabajadores

Para cumplir con este apartado se identificaron los factores de riesgo por puesto de trabajo, la vigilancia a la salud (los exámenes médicos que se requieren) y el seguimiento, es decir, en dado caso de salir con alguna anomalía en los exámenes, se registra que es lo que el doctor indicó.

E. Control Documental

Con el fin de mantener un control de los documentos en materia de seguridad y salud en el trabajo, se realizó una carpeta física donde fueron agregados cada una de la documentación requerida por norma y por capítulo, en el caso de ser un estudio o un programa mayor, en esta misma carpeta se indicó la localización del estudio o programa (Figura 6). Sin embargo, este mecanismo de control no es el más óptimo, por lo que se encuentra trabajando una propuesta de un sistema en la red para almacenar toda la documentación, incluso los estudios o programas amplios, en una base de datos, de tal manera que sea fácil la identificación y recuperación del documento, y se encuentre disponible en cada una de las computadoras del personal. Este sistema fue elaborado por Romero [4] para el área de educación.



Figura 6. Sistema de control documental físico

6 Evaluación final

La evaluación integral del SASST fue validada por inspectores de la STPS, verificando cada una de las etapas anteriores. En la Tabla 2 se presenta las calificaciones obtenidas por capítulo y por apartado de acuerdo a la evaluación que realizó la STPS de las acciones realizadas.

Tabla 5.2. Avance General del funcionamiento del SASST

Capítulo	Apartado	Evaluación del centro de trabajo	Resultados de la verificación
A.	Involucramiento directivo	96.36	92.73
1	Política	100	100
2	Dirección	80	80
3	Liderazgo	100	100
4	Organización	100	100
5	Competencia	100	80
B.	Planeación y ejecución	92.82	89.74
6	Diagnóstico	100	100
7	Medidas preventivas y correctivas	100	100
8	Programa de seguridad y salud en el trabajo	70	100
9	Capacitación	100	83.33
10	Comunicación	100	100
11	Atención de emergencias	75	100
12	Contratistas	100	80
13	Adquisiciones	100	0

14	Gestión del cambio	100	100
C.	Seguimiento operativo	86.67	100
15	Supervisión	86.67	100
D.	Evaluación de resultados	98.46	96.46
16	Vigilancia a la salud de los trabajadores	100	100
17	Investigación de accidentes y enfermedades	100	100
18	Auditorias	95	95
E.	Control documental	80	90
19	Control de documentos	80	90
Avance General		93.82	92.35

7 Conclusiones

Gracias a las acciones realizadas, tanto correctivas como preventivas, se logró un gran avance en el SASST, un 20% más de los resultados de la primera evaluación de diagnóstico, esto se pudo comprobar con los resultados que se obtuvieron con la verificación y validación de la STPS.

Instaurar un Sistema de Administración en Seguridad y Salud en el Trabajo, trae consigo grandes beneficios a las empresas, ahora la seguridad y salud en el trabajo se encuentra en cada uno de los procesos de la administración de la empresa y las medidas de seguridad se aplican y respetan. Estas acciones realizadas se reflejaron en la reducción de los riesgos, pues la tasa de accidentes tuvo una disminución significativa, se espera que las cifras sigan bajando y el molino harinero sea ejemplo de empresa segura en la región.

Referencias

1. Sánchez, C., 2011. Procedimiento para la gestión de la seguridad y la salud en el trabajo en el sector empresarial cubano. Centro Azúcar, 38, 4, pp. 15-20.
2. OIT., 2011. Sistema de Gestión de la SST: una herramienta para la mejora continua, http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_154127.pdf
3. STPS., 2010. Programa de Autogestión en Seguridad y Salud en el Trabajo, <http://autogestion.stps.gob.mx:8162/pdf/Lineamientos%20Generales%202008.pdf>
4. Romero, M., 2014. Categorización y recuperación de conocimiento organizacional en el Departamento de Ingeniería Industrial. Tesis de Maestría. Hermosillo, Sonora. Universidad de Sonora.

Desarrollo de un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones que Eleve la Eficiencia de la Logística de Recuperación y Distribución de Productos Hortofrutícolas en Campos de Hermosillo.

Luis Felipe Romero Dessens¹, Juan Martin Preciado Rodríguez², Rodolfo Iván Núñez Acosta¹.

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

Lromero@industrial.uson.mx, Rodolfo_ivan@hotmail.com

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD), Carretera a La Victoria km
0.6, C.P. 83304, Hermosillo, Sonora, México.

Mpreciado@Ciad.mx

Resumen: A lo largo de los últimos años los Sistemas de soporte a la toma de decisión (DSS) han tenido una gran popularidad, ya que es una herramienta muy útil para mejorar el proceso de toma de decisiones para los ejecutivos, dándoles a estos últimos el apoyo de evaluar diferentes alternativas y ofrecer la libertad a las personas de que elijan la acción a realizar dependiendo de lo que se pretenda desarrollar. Esta investigación es realizada en un Banco de alimentos (BAH) donde actualmente hay limitaciones en la toma de decisiones en los procesos de logística de recolección y distribución, esto presenta problemas que son provocados por la falta de una estructura formal en el proceso de toma de decisiones lo que conlleva un impacto negativo en costos y la calidad de los productos. El propósito de la investigación es desarrollar el modelo de inferencia para el sistema (DSS) orientado a apoyar dichos procesos que podría mejorar el rendimiento de operaciones de logística del banco de alimentos de Hermosillo.

Palabras clave: DSS, modelos de inferencia, toma de decisiones, Procesos logísticos.

Luis Felipe Romero Dessens, Juan Martin Preciado Rodríguez y Rodolfo Iván Núñez Acosta, *Desarrollo de un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones que Eleve la Eficiencia de la Logística de Recuperación y Distribución de Productos Hortofrutícolas en Campos de Hermosillo*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 104-109, 2014.

1 Introducción

El Banco de Alimentos de Hermosillo (BAH) tiene como objetivo fundamental el rescatar alimento para prestar ayuda alimentaria a personas que viven en pobreza extrema, distribuyéndolos eficientemente a los más necesitados. Actualmente las decisiones en los procesos de logística de recolección y distribución del BAH se ven limitadas por la falta de una estructura formal en el proceso de toma de decisiones. El propósito de este proyecto de investigación es desarrollar el modelo de inferencia para el sistema de apoyo a la toma de decisiones (DSS).

Es por ello que en esta investigación se propone el desarrollo de un modelo de inferencia, el cual es un mecanismo que le permite a las personas encontrar diferentes escenarios de solución a una problemática, y que las personas encargadas de tomar decisiones, tengan diferentes opciones y de acuerdo a sus necesidades elegir la mejor alternativa.

En la primera sección de este trabajo de investigación se discuten los conceptos relacionados con la definición de los sistemas de soporte a la toma de decisiones (DSS), seguido se presentan las principales características de la problemática existente, y se continúa con la exposición de una propuesta solución para finalizar con las conclusiones a las cuales nos condujo esta investigación. Cada una de estas secciones se muestran a continuación.

2 Marco Teórico

En este apartado se presentan las definiciones de los conceptos toma de decisiones, sistemas de soporte a la toma de decisiones y procesos logísticos.

2.1 Toma de Decisiones

Según Tran et. al.,[1] la toma de decisiones es el proceso de análisis y selección entre diversas alternativas, para determinar un curso a seguir y el cual es fundamental para el organismo y la conducta de la organización, suministra los medios para el control y permite la coherencia en los sistemas.

Por otro lado Daymara [2] explica que Quien toma una decisión debe identificar todas las alternativas disponibles, pronosticar sus consecuencias y evaluarlas según los objetivos y metas trazadas. Para ello, se requiere: "En primer lugar, información actualizada sobre qué alternativas se encuentran disponibles en el presente o cuáles se deben considerar. En segundo lugar, se necesita información sobre el futuro: cuáles son las consecuencias de actuar según cada una de las diversas opciones. En tercer lugar, es indispensable la información sobre como pasar del presente al futuro: cuáles son los valores y las preferencias que se deben utilizar para seleccionar, entre las alternativas que, según los criterios establecidos, conducen del mejor modo a los resultados que deseados". Este

procedimiento en muchas ocasiones, debido a la escasez de tiempo y recursos, es imposible aplicarlo en entornos tradicionales, por ello la necesidad de sistemas que posibiliten el análisis y la interpretación de la información disponible

2.2 Sistemas de Soporte a la Toma de Decisiones

Según Azadeh [3] el DSS puede ser usado como una táctica de planeación para evaluar la eficiencia y desempeño de la información basada en la toma de decisiones, en donde el principal objetivo de estos sistemas es ayudar a los responsables de tomar decisiones para hacer buenas elecciones cuando se trabaja con situaciones complejas.

Por otro lado, Cohen & Asín [4] menciona que la finalidad de los DSS es apoyar la toma de decisiones mediante la generación y evaluación sistemática de diferentes alternativas o escenarios de decisión mediante el empleo de modelos y herramientas computacionales con el propósito de facilitar el proceso de selección a través de la estimación de costos y beneficios que resultan de cada alternativa.

Como se mencionó el DSS es conformado por un sistema de información el cual es un conjunto de elementos que interactúan entre sí con el fin de apoyar las actividades de una empresa o negocio, y este mismo realiza cuatro actividades básicas: entrada, almacenamiento, procesamiento y salida de información[5].

2.3 Modelos de Decisión

Los modelos de decisión, explican Gutiérrez et. al [6] son los mecanismos que tiene el tomador de decisiones para encontrar la solución a un problema dado. Un modelo permite hacer una predicción del resultado de un problema basado en investigación matemática o en la experiencia de la persona. Los mismos autores explican que estos mismos se han aplicado a una serie de industrias de procesos que incluyen, entre otras, operaciones relacionadas con la recolección de fruto, la distribución de alimentos, la industria alimentaria entre otras muchas actividades.

2.4 Logística

Choy et. Al[7] define a los sistemas de logística industrial, como aquellos que consisten en recursos, como las personas, la organización y la tecnología, incluida la tecnología en información o sistemas de gestión de la logística. Estos Sistemas logísticos industriales se han convertido en una parte importante en la competitividad y la satisfacción de la demanda. Cuando las actividades de fabricación o servicios están descentralizadas y geográficamente dispersas, el papel de la logística es mucho más importante para reducir el tiempo para llegar al mercado por la gestión eficaz de la información y el flujo de material a lo largo de la cadena de suministro.

Las operaciones de transporte de los productos agrícolas, por lo general, se realizan de una manera tradicional, caracterizada por la ausencia de tecnología y de información que

permita mejorar las condiciones en que estos se desplazan a lo largo de la geografía nacional, restando competitividad al sector agrícola a nivel nacional e internacional [8],

Si este aspecto no es entendido y no se toma en cuenta, trae consigo desperdicios en productos hortofrutícolas que puede ser factor para el cálculo de las estimaciones de las pérdidas. Estas pérdidas en los países en desarrollo son difíciles de juzgar, pero algunas autoridades sitúan las estimaciones de pérdidas de papas, tomates, plátanos y cítricos a veces tan alto como la mitad de lo que se cultiva, por lo que la reducción en este desperdicio, sobre todo si económicamente se puede evitar, sería de gran importancia tanto para los productores como para los consumidores, por lo que en general, se estima que entre el 49 y el 80% de un producto en particular va a los consumidores, y la diferencia se pierde durante las diversas etapas que componen el sistema de cosecha-consumo[9]

3 Antecedentes y Descripción del Problema

La investigación se desarrolla en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, la cual es una institución de investigación que se dedica a la generación de conocimiento científico y tecnológico, ubicada en el noroeste de México.

CIAD trabaja en conjunto con el BAH, el cual no cuenta con un sistema formal de toma de decisiones que eficiente la logística en la recolección y distribución de productos post cosecha que se obtengan de donaciones de agricultores sonorenses cercanos a la ciudad de Hermosillo, los cuales tienen un tiempo de vida corto para poder ser consumibles por los usuarios, por lo que se necesita tener un sistema eficaz el cual minimice las pérdidas de productos y también de costos.

Este problema se alinea a la campaña Cruzada Nacional Contra el Hambre del Gobierno Federal Mexicano, en donde su objetivo es reducir la pobreza alimentaria de la población vulnerable.

4 Propuesta de Solución

Con lo anterior y tras varias reuniones de trabajo entre el BAH y CIAD, se planteó la necesidad de hacer más eficiente la recolección de productos post cosecha de consumo directo en conjunto con las personas que laboran en los campos agrícolas, también tomando en cuenta las características del producto que se transporte ya que son alimentos perecederos con un tiempo limitado antes de pasar a ser no consumibles.

Por parte del equipo de trabajo en CIAD, se propuso el desarrollarel motor de inferencia el cual formará parte del sistema DSS que brinde apoyo en la toma de decisiones para optimizar la recuperación de productos post-cosecha de consumo humano directo, cultivados en los campos de Hermosillo en el estado de Sonora, para en futuras investigaciones, se realice la interfaz y la base de datos que conformaran el DSS.

5 Resultados y Beneficios Esperados

Al realizar dicho proyecto se espera lograr tener un sólido y formal sistema de soporte a la toma de decisiones que eficiente la logística de las rutas de transportación del alimento, tomando en cuenta diferentes criterios de decisión, es por ello que el Banco de Alimentos I.A.P. en conjunto con CIAD, trabajan en ello.

La importancia radica en que BAH contará con una mejor y efectiva estrategia de recolección y distribución de sus distintos productos de ayuda alimentaria a niños, ancianos, enfermo, personas con discapacidad y jóvenes en proceso de rehabilitación, en donde dichos productos tienen un tiempo límite para poder consumirse antes de pasar a un estado de no consumo.

- Los beneficios que se podrán obtener del proyecto son los siguientes:
- Elevar el padrón de beneficiarios del BAH
- Elevar la calidad de ayuda alimentaria
- Menor pérdida de alimentos
- Ahorro de tiempo
- Mayor organización en las rutas
- Ahorro de recursos económicos

6 Conclusiones

Hoy en día es imperativo que las organizaciones tengan un sólido proceso de toma de decisiones, por lo que el DSS ha sido una herramienta muy utilizada y estudiada a lo largo de los últimos años, y este mismo brindará apoyo al tomador de decisiones en las operaciones de logística de recuperación y distribución de productos hortofrutícolas que han sido donados por agricultores de la región cercana a Hermosillo.

Referencias.

1. Tran V., Páez D., Sánchez F. 2012. Emotions and decision-making processes in management teams: a collective level analysis. Colegio Oficial de Psicólogos de Madrid.
2. Daymara D., 2005. Toma de decisiones, el imperativo diario de la vida en la organización moderna. Acimed: revista cubana de los profesionales de la información y la comunicación en salud, ISSN 1024-9435, ISSN-e1530-2880, Vol. 13, N° 3, 2005
3. Azadeh A., Ghaderi S. F., Anvari M., Izadbakhsh H. R., Jahangoshai R. M., Raoofi Z., 2013, An integrated decision support system for performance assessment and optimization of decision-making units., Int J Adv Manuf Technol (2013)

4. Cohen D., Asín E., 2000. Sistemas de información para los negocios, un enfoque de toma de decisiones, McGraw Hill, 3era. Edición. Mexico D.F., ISBN 970-10-2658-6
5. Kenneth E., Julie E., 2005., Analisis y diseño de sistemas. Sexta Edicion, Pearson Educacion, México, 2005, ISBN 970-26-0577-6
6. Gutiérrez F. É., Cadena M., Montoya J., Palacios F., 2011. Metodología de optimización para la toma de decisiones en la red de suministro de biodiesel en Colombia., Cuad. admon.ser.organ. Bogotá (Colombia), 24 (43): 59-87,
7. Choy L., Chieh-Yu L., 2012., Determinants of the adoption of technological innovations by logistics service providers in China. International Journal of Technology Management and Sustainable Development Volume 7 Number 1
8. Arcos A. A., Mosquera S. A., Villada C.D., 2008. Evaluación de rutas para el transporte de productos perecederos en el sector rural. Facultad de ciencias agropecuarias, Vol. 6 No. 2 Diciembre 2008
9. Simson S., Straus M. C., 2010. Post-harvest Technology of Horticultural Crops. Mehra Offset Press, Delhi. Oxford Book Company

Propuesta de Diseño de Componentes y Mecanismos para un Dispositivo de Prototipado Rápido

José Sergio López-Bojórquez, Germán Alonso Ruiz-Domínguez, Rodolfo Ulises Rivera-Landaverde

Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación,
Av. Tecnológico S/N, Col. El Sahuaro, CP. 83170, Hermosillo, Sonora, México.
josesergi@gmail.com, gruiiz@ith.mx, ro_rivera@ith.mx

Resumen. El presente artículo es una propuesta de diseño de componentes y mecanismos para un dispositivo de prototipado rápido, dicho documento contiene terminología que familiarizará al lector con el tema de interés. De igual manera se expondrán las distintas tecnologías de impresión 3D, en especial el modelado por deposición fundida (FDM) y sus aplicaciones en la industria. Asimismo se aborda el desarrollo de la propuesta de investigación, todo lo anterior con el fin de obtener como resultado final ofrecer al mercado local una impresora 3D de costo accesible, dirigida al sector educativo de nivel medio superior y superior del Estado de Sonora.

Palabras Clave: Manufactura aditiva, Impresión 3D, Diseño, Diseño Asistido por Computadora, Componente.

1 Introducción

La manufactura aditiva, es el proceso mediante el cual se agrega material capa sobre capa para formar objetos, a partir de modelos virtuales creados con la ayuda de software de cómputo especializado en diseño asistido por computadora o también conocido como Additive manufacturing, por sus siglas en inglés AM, [1]. Su inverso sería la manufactura sustractiva, donde se remueve material que es el método tradicional empleado para la fabricación de componentes, herramientas, pieza prototipo, entre otros; la mayor desventaja del método tradicional de fabricación, es la gran cantidad de tiempo de procesamiento asociado a la complejidad geométrica de la parte a manufacturar, así como también la materia prima empleada, [2].

Actualmente, alrededor del mundo la manufactura aditiva está cambiando la manera en que las organizaciones diseñan y manufacturan sus prototipos y productos; México, no ha sido exento del uso de este novedoso tipo de fabricación, prueba de ello es el incremento

José Sergio López-Bojórquez, Germán Alonso Ruiz-Domínguez y Rodolfo Ulises Rivera-Landaverde, *Propuesta de Diseño de Componentes y Mecanismos para un Dispositivo de Prototipado Rápido*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Eliás, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 110-115, 2014.

en el establecimiento de nuevas empresas de este giro a nivel nacional, las cuales brindan el servicio de prototipado rápido empleando manufactura aditiva.

Una empresa, establecida en Noviembre de 2013 en la Ciudad de Hermosillo Sonora, la cual es el primer centro de impresión 3D en nuestra ciudad, brinda sus servicios de impresión empleando manufactura aditiva, este método de fabricación cuenta con un amplio rango de aplicaciones en las cuales puede ser utilizado, que van desde el entretenimiento, la aplicación médica y hasta la industria, no importando su giro.

Los equipos de impresión 3D son fabricados, distribuidos y comercializados en su mayoría por el vecino país del norte o Europa; la adquisición de los mismos, a nivel local es complicada y prolongada, debido a los largos tiempos de entrega que son manejados por el distribuidor, así como su elevado costo. Al percibir lo anterior, la empresa tomó la iniciativa de acercarse al Instituto Tecnológico de Hermosillo para impulsar el desarrollo de esta investigación y trabajar en conjunto, dicha investigación tiene como objetivo ofrecer al mercado una impresora 3D de costo accesible, dirigida al sector educativo de nivel medio superior y superior del Estado de Sonora, con la cual a su vez dará difusión al uso de este tipo de tecnología que se encuentra en crecimiento. Para lograr el objetivo descrito con anterioridad, se ha desarrollado una metodología de trabajo que consta de varias actividades. Primeramente, será necesaria una revisión de la literatura disponible referente a la manufactura aditiva, enseguida la obtención de diseño de componentes y mecanismos a ser utilizados en la impresora 3D, el cual se derivará de una investigación previa de los equipos de impresión 3D que se encuentran disponibles en los mercados estadounidenses y europeos; todo último con el fin de determinar geometrías, materiales, estética y durabilidad de los componentes y mecanismos a diseñar. Para culminar, nos apoyaremos en un software de cómputo especializado en modelado virtual para realizar una simulación de cada diseño logrado; ya que de ser posible, los diseños validados serán impresos mediante el proceso de modelado por deposición fundida y empleados en una impresora 3D.

Posterior a esta sección encontrará un apartado dedicado al marco teórico referente a prototipado rápido; un desarrollo de la propuesta de diseño, los resultados que se desean obtener con la presente investigación, sus conclusiones y trabajos futuros a desarrollar.

2 Marco teórico

Como muchas otras tecnologías, la AM surge gracias al desarrollo del equipo de cómputo, ya que las ventajas que nos ofrecen éstas poderosas máquinas han dado pie al rápido avance en el área de desarrollo de productos. Tal como lo exponen [3] en el proceso de desarrollo de producto, el cual está conformado por 6 fases, que inician con la planeación, el desarrollo del concepto, el diseño en el nivel sistema, el diseño a detalle, las pruebas y refinamientos, y por último, el inicio de producción.

En las etapas de diseño a detalle, y en la de pruebas y refinamientos, es donde podemos utilizar software de cómputo especializado de diseño asistido por computadora, con el fin de generar modelos tridimensionales del producto o componentes que lo conformarán.

Los modelos tridimensionales serán validados virtualmente con el fin de recrear situaciones reales a las cuales se someterá el producto en el uso cotidiano; a este tipo de modelos también se les conoce como prototipos.

2.1 Prototipado Rápido

Un prototipo es definido por [3] como la cercanía al producto en una o más de sus características de interés para el usuario, partiendo de lo anterior, cualquier objeto que presente al menos un aspecto del producto que es de interés para el equipo de desarrollo producto podrá considerarse como tal.

La técnica de prototipado rápido o rapid prototyping, RP, es la conversión de datos de un archivo CAD, Computer Aid Design, en tres dimensiones (3D) en un prototipo físico, se basa principalmente en seccionar el objeto modelado virtualmente en múltiples capas, las cuales son depositadas una sobre la otra hasta formar físicamente el objeto que se tomó del archivo CAD en 3D [1]. El sector industrial ha empleado el prototipado rápido cada vez con mayor frecuencia, con el objetivo de reducir su tiempo de respuesta ante el proceso de desarrollo de producto.

2.2 Técnicas de Prototipado Rápido

Según el tipo de material a ser empleado para la creación de componentes a través de las distintas técnicas de prototipado rápido; podemos encontrar las siguientes tecnologías, [2]:

- Estereolitografía (STL), *Stereolithography*.
- Curado por sólido (SGC), *Solid Ground Curing*.
- Manufactura por deposición a goteo (DDM), *Droplet Deposition Manufacturing*.
- Manufactura por laminado de objetos (LOM), *Laminated-Object Manufacturing*.
- Modelado por deposición fundida (FDM), *Fused-Deposition Modeling*.
- Sinterizado selectivo por láser (SLS), *Selective Laser Sintering*.
- Impresión tridimensional (3DP), *Three-Dimensional Printing*.

2.3 Modelado por Deposición Fundida

Proceso desarrollado por la empresa estadounidense Stratasys Inc. quien comercializó su primer máquina de impresión 3D en los 90's, es un proceso en el cual un filamento de cera o polímero se extruye a través de una boquilla; la cual calienta el material y lo deposita sobre una superficie, para así ir formando capa por capa el objeto, [2].

Dentro de la revisión literaria, también se encontraron diversas definiciones para el proceso que anteriormente fue mencionado; tal como: proceso que emplea una extrusión controlada a través de un equipo de cómputo, mediante un cabezal que deposita material desde un archivo STL, [4]. Otra definición brindada por [5], que establece que es una tecnología que extruye un filamento termoplástico que es fundido a través de una boquilla y se deposita en forma de hilo de acuerdo a la geometría del objeto, dicho proceso de

extrusión es controlado mediante una computadora, generalmente la boquilla de suministro es capaz de moverse en el plano horizontal mientras que donde es depositado el material puede moverse verticalmente, de modo que cada sección de la pieza se construye una sobre otra. Una definición más detallada proporcionada por [6] la cual asienta que es un cabezal de extrusión que es capaz de moverse en dos direcciones con la ayuda de un robot que sigue un movimiento sobre un eje cartesiano, que éste su vez deposita material, suministrado por un filamento termoplástico fundido que fluye por un pequeño orificio de una matriz.

Tanto [2], [4], [5] y [6] coinciden en que el material empleado para ser extruido es un filamento termoplástico suministrado a través de una boquilla, también concuerdan en la manera en que es controlado el suministro de materia prima mediante la ayuda de un equipo de cómputo; además que la fabricación del componente es realizada capa sobre capa del material depositado. Pero solamente [4] menciona que la materia prima es depositada siguiendo la información proporcionada por un archivo en formato SLT.

3 Aplicaciones del Prototipado Rápido

El prototipado rápido puede ser empleado en distintas disciplinas tales como el arte, diseño, arquitectura, medicina, de igual manera por diversas industrias como lo son, la automotriz, la electrónica y la aeroespacial, [7].

Por mencionar una aplicación en la industria médica con resultados de experimentación favorables, tal como lo lograron [8] al replicar un par de retractores quirúrgicos mediante la tecnología FDM, dichos instrumentos son utilizados por la milicia estadounidense. Las réplicas impresas de los retractores soportaron una fuerza tangencial suficiente para ser empleadas en una operación quirúrgica real; de igual manera fueron esterilizados con éxito de acuerdo a las normas establecidas por la FDA, Food and Drug Administration.

4 Desarrollo de la Propuesta

Para el desarrollo de esta investigación, será necesaria una revisión de la literatura disponible, referente a la temática abordada en los puntos anteriores, con el fin percibir un mejor entendimiento de dichas técnicas de RP. A la par, se realizará una investigación de los equipos de RP que se encuentran disponibles en los mercados estadounidenses y europeos, misma que servirá para la definición de geometrías, estética y materiales de los componentes y mecanismos que se habrán de diseñar, ayudándonos del uso de herramientas CAD para su modelado virtual y validación. Una vez validado el diseño, se planea realizar su prototipo físico utilizando la tecnología de modelado por deposición fundida o FDM y utilizar los prototipos físicos de componentes y mecanismos en una impresora 3D, tal como se muestra en la figura 1.

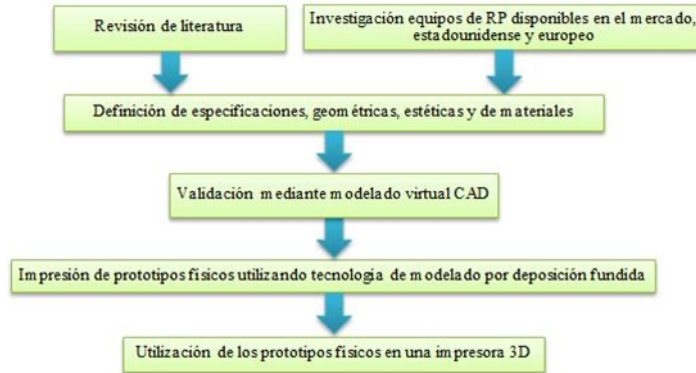


Figura 1. Desarrollo de flujo de las actividades

De los resultados obtenidos de la investigación de los equipos de RP disponibles en los mercados estadounidenses y europeos, el diseñador seleccionará los dispositivos que utilicen tecnología FDM para impresión 3D y sean estos últimos los más demandados por los usuarios; para obtener las especificaciones técnicas de los equipos.

Al contar con las especificaciones de los equipos, se tomarán estas como referencia para el establecimiento de las características del dispositivo de RP, con la finalidad de generar alternativas de solución y ser evaluadas; ya concluida la evaluación, se realizará una validación virtual con uso de software CAD. A continuación se muestra la arquitectura del sistema que se propone para la validación del diseño de los componentes y mecanismos para el dispositivo de prototipado rápido, tal como se muestra en la figura 2.

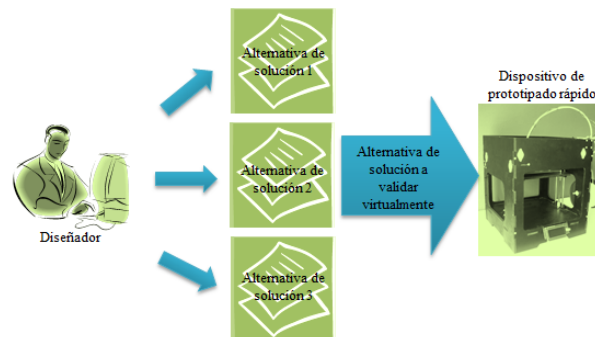


Figura 2. Sistema propuesto

5 Resultados Esperados

Con el desarrollo de la presente investigación, se desean alcanzar las metas establecidas previamente que surgen de una necesidad identificada por una empresa local, al ubicar un nicho de oportunidad aún no cubierto en la localidad; del cual se obtendrá como fruto de la búsqueda componentes y mecanismos a utilizar en una máquina de impresión 3D, con el fin de tener un costo accesible para el sector educativo de nivel medio superior y superior del Estado de Sonora.

6 Conclusiones y Trabajos Futuros

Tal como la literatura revisada lo menciona, podemos concluir en este artículo que gracias a la tecnología de RP y al uso de la AM, hemos logrado fabricar componentes y mecanismos, disminuyendo los tiempos y los costos de desarrollo de producto.

Una vez alcanzados los resultados esperados por la propuesta planteada en este artículo, con el uso de los prototipos físicos fabricados mediante el uso de la tecnología FDM y empleados en una impresora 3D, la cual será accesible a niveles medio y superior del Estado de Sonora, se pretende alentar a futuros estudiantes de maestría e incluso a nivel licenciatura a ahondar en el tema de prototipado rápido, con el fin de contribuir al desarrollo y difusión de la tecnología a nivel local.

Referencias

1. Gibson I., Rosen D.W., Stucker.B, Additive Manufacturing Technologies, Springer., 2010.
2. Groover M.P., Fundamentals of Modern Manufacturing, “Rapid Prototyping”, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2010.
3. Ulrich K.T., Eppinger S.D., Diseño y desarrollo de productos, 5a. edición. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A., 2012.
4. Kamrani A.K., Nasr E.A., Engineering Design and Rapid Prototyping, Springer, 2010.
5. Filippi S., Cristofolini I., “Using Rapid Prototyping Data to Enhance a Knowledge-Based Framework for Product Redesign”, Journal Scientific Research, pp, 2-12, 2010.
6. Kalpajian S., Schmid S.R., Manufacturing Engineering and Technology, Sixth Edition, Prentice Hall, 2009.
7. Gebhardt A., Rapid Prototyping, 1st. Edition. Carl Hanser Verlag, 2003.
8. Rankin T.M., Giovinco N. A., Cucher D.J., Watts G., Hurwitz B., Armstrong D.G, “Three-dimensional printing surgical instruments: are we there yet?”, Journal of Surgical Research, pp,1-5, article in press, 2014.

Propuesta de Validación de Procesos para Impresora 3D

Luz Irazel Ozuna-Dávila, Germán Alonso Ruiz-Domínguez, Rodolfo Ulises Rivera-Landaverde

Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Av. Tecnológico S/N, Col. El Sahuaro, CP. 83170, Hermosillo, Sonora, México.
irazel.ozuna@gmail.com, gruiz@ith.mx, ro_rivera@ith.mx

Resumen. Gracias a los avances tecnológicos, hoy en día se cuenta con un tipo de manufactura conocida como manufactura rápida. La impresión 3D es un proceso tecnológico que se ha ido expandiendo rápidamente con la popularidad y los usos de las impresoras 3D. El rápido crecimiento de estas tecnologías no ha sido acompañado del desarrollo de estándares de procesos que aseguren al usuario la correcta operación de parámetros, así, el gran problema es no tener un proceso que defina las acciones desde el diseño en papel hasta tener la pieza física y que cumpla con la funcionalidad deseada. Se ha decidido llevar a cabo un proyecto donde se realizará un estudio detallado para validar cada uno de los procesos necesarios para impresión 3D. Como resultado se obtendrá un proceso establecido claramente donde se definirán y especificarán los pasos necesarios a seguir para la utilización de una impresora 3D por filamento.

Palabras claves: Manufactura aditiva, Impresión 3D, Diseño asistido por computadora, Validación de procesos.

1 Introducción

La impresión 3D hoy en día es una herramienta que brinda muchas ventajas en todos los ámbitos, desde el decorado hasta el sector industrial y el sector salud; dicha actividad es una forma de rápido desarrollo que brinda beneficios económicos dentro de las tecnologías del prototipado rápido. El término prototipado rápido (PR) se utiliza en una variedad de industrias para describir un proceso donde se crea rápidamente una representación del sistema o de la parte antes de la liberación final o comercialización del producto. En otras palabras, el énfasis está en la creación de algo de forma rápida y que la salida de tal proceso es un modelo de prototipo o de base, del cual se derivan otros modelos y, finalmente, el producto final, [1].

Luz Irazel Ozuna-Dávila, Germán Alonso Ruiz-Domínguez y Rodolfo Ulises Rivera-Landaverde, *Propuesta de Validación de Procesos para Impresora 3D*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 116-121, 2014.

Las impresoras 3D abarcan un conjunto muy amplio de tecnologías empleadas para la fabricación de estos prototipos; en general, para la construcción de cualquier modelo 3D directamente a partir de un archivo CAD (diseño asistido por computadora, del inglés computer-aided desing, es un sistema electrónico que permite diseñar nuevas partes o productos o modificar otros ya existentes, en sustitución del dibujo tradicional a mano, [2]. Para utilizar las impresoras de este tipo de tecnología, es básico entender su funcionamiento, sus alcances y limitaciones; ya que no es únicamente darle una orden a la computadora para que realice la impresión, sino que es un interesante proceso que implica un análisis desde la forma del diseño, hasta la impresión de la pieza. Una vez entendido lo anterior, el usuario podrá identificar cómo debe ser su diseño para que éste sea imprimible.

Este artículo presenta la propuesta para realizar una validación de procesos para la impresión 3D, con el objetivo de realizar un estudio detallado para validar el proceso antes mencionado y obtener un documento con pasos, parámetros y acciones ideales. En la sección 2 se muestra brevemente una parte del marco teórico que fortalece la propuesta; la sección 3 muestra el desarrollo de la propuesta; la sección 4 se presenta los resultados esperados y por último en la sección 5 se muestran las conclusiones del presente artículo.

2 Marco teórico

La propuesta de validación de procesos para la actividad de impresión 3D pretende que cualquier persona sea un usuario educado en impresión 3D. Estamos en una región en la cual la industria automotriz y la aeroespacial están en periodo de crecimiento; por tanto, el desarrollo de habilidades creativas se fomentará en las personas y en particular, a los jóvenes en un futuro no muy lejano. A continuación; se presentan algunas tecnologías de interés para llevar a cabo el desarrollo de la propuesta para la validación de procesos.

2.1 Manufactura Aditiva

El principio básico de esta tecnología es que el modelo se generó usando un sistema de diseño asistido por computadora (CAD) en 3D, es decir, a partir del modelo se puede fabricar el producto directamente sin la necesidad de la planificación de procesos. Aunque no es en realidad tan simple como se escucha en un inicio, la tecnología de manufactura aditiva ciertamente simplifica el proceso de producción de objetos geoméricamente complejos directamente a partir de datos CAD. La particularidad de cómo funciona la manufactura aditiva es que las piezas se hacen añadiendo material en capas, [1].

Las ventajas de la manufactura aditiva son principalmente el ahorro en mano de obra y el ahorro en costo de materia prima, ya que únicamente se utiliza el material que la pieza necesita para ser fabricada. De esta manera, se simplifican algunas etapas de la manufactura tradicional como la elaboración de moldes, el vaciado de material, la larga espera de partes en proceso, el ensamblaje y el envío o distribución del producto. La

118 Luz Irazel Ozuna-Dávila, Germán Alonso Ruiz-Domínguez y Rodolfo Ulises Rivera-Landaverde,

manufactura aditiva se encuentra entre las técnicas de prototipado rápido. Las 25 técnicas de prototipado rápido desarrolladas actualmente se pueden clasificar en varias formas, [3].

2.2 Estereolitografía (SLA)

La estereolitografía representa el método más popular del prototipado rápido, esta tecnología requiere de un monómero líquido fotosensible del cual se forma un polímero que solidifica cuando es expuesto a la luz ultravioleta. Se transfiere el STL (archivo estándar para las máquinas de prototipado rápido que contiene la información geométrica 3D) a la máquina de prototipado rápido para iniciar el proceso de fabricación, la impresora procesa la información geométrica y la convierte en un conjunto secuencial de capas cuya superficie es de resina fotosensible, [4]. A diferencia de otros, este método es más lento pero ofrece mucho más detalle en las piezas, el material suele ser translucido y quebradizo.

2.3 Modelado por Deposición de Hilo Fundido (FDM)

Es una de las tecnologías de manufactura aditiva, se aplica para extruir el filamento de plástico semi-fundido a través de una boquilla calentada en un patrón prescrito en la plataforma. La energía térmica asociada con el material semi-fundido impulsa la unión y se une con el material circundante, se enfría y se solidifica a medida que se deposita el material, [5]. Esta tecnología opera bajo el mismo principio de la SLA, ya que ambas construyen la pieza capa por capa; la diferencia es que utilizan distintos tipos de materiales y los tiempos de impresión son considerablemente distintos en cada una de ellas.

2.4 Sinterizado Laser Selectivo (SLS)

El SLS utiliza un láser de dióxido de carbono para sinterizar sucesivas capas de polvo en lugar de líquido. En los procesos SLS, una fina capa de polvo se aplica por un mecanismo de rodillo de contra-rotación en el lugar de trabajo. El material en polvo se precalienta a una temperatura ligeramente por debajo de su punto de fusión. El rayo láser traza la sección transversal en la superficie del polvo para calentar el polvo a la temperatura de sinterización para que el polvo escaneado por el láser sea unido, [6]. Una desventaja de esta tecnología es que el material que se utiliza requiere de un área grande y ventilada para evitar molestias al usuario. Otra desventaja es el desperdicio de material, ya que el polvo que no es escaneado por el láser se utilizan como apoyo o soporte a la siguiente capa de polvo.

3 Desarrollo de la Propuesta

Para llevar a cabo el desarrollo de la propuesta se describen las siguientes actividades. También véase figura 1.

- Identificar el funcionamiento de cada uno de los tipos de impresora que existen: Se estudiarán a fondo los tipos de impresoras. Se buscará extensamente bibliografía y ejemplos de trabajos que elaboran los tipos de impresoras.
- Contratación de los diferentes procesos de impresión 3D. El objetivo de esta actividad es analizar las ventajas y desventajas con las que cuentan los diferentes procesos para decidir cuál de ellos es el más recomendado, por ejemplo, costos, tiempos, tipos de material que utilizan, efectividad del equipo, tipos de piezas que pueden elaborar, límites de dimensiones, entre otros puntos similares.
- Examinar el proceso de impresión 3D por medio de la impresión por filamento. Se trabajara directamente con equipos que hacen este tipo de impresión para analizar su proceso completo, entender más a fondo todo lo que la bibliografía nos proporciona, tomar notas de las observaciones, probar con distintos tipos de piezas y formas y analizar resultados.
- Evaluar los parámetros requeridos para la impresión 3D por filamento con la alternativa seleccionada. En lugar de regulaciones que limitan el alcance y la libertad de los procesos de manufactura rápida, hay una clara necesidad de métodos acordados para la evaluación de sus beneficios y consecuencias, [7]. Después de analizar las alternativas de impresión se explotará lo mejor de ella puesto que, en cualquier situación lo que se busca es obtener la mejor calidad, por tanto, en este caso se desea establecer los parámetros necesarios para obtener una buena pieza.

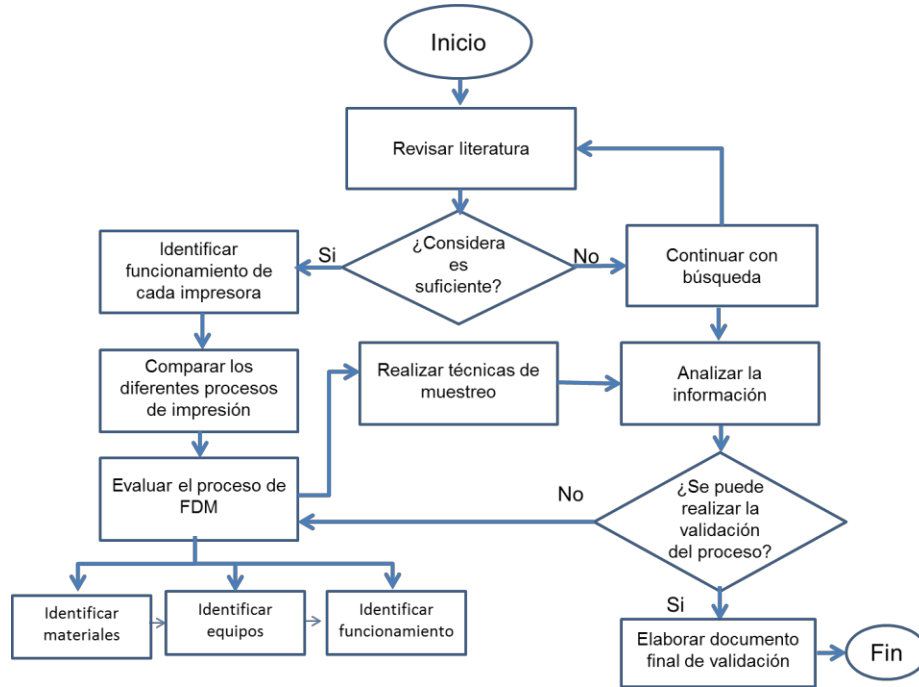


Figura 1. Diagrama de actividades

Asimismo, se propone una arquitectura de sistema que comienza con el usuario, quien utilizará los documentos de validación, seguirá los pasos, parámetros e indicaciones que ahí se especifiquen, para que al final el proceso de impresión 3D se haga de manera efectiva, ver figura 2.

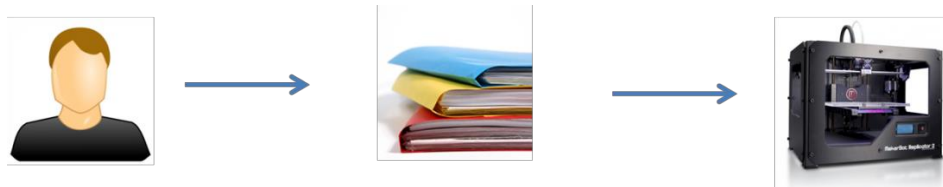


Figura 2. Arquitectura propuesta

4 Resultados Esperados

La propuesta presentada generará documentación previamente validada que proporcione un fácil manejo de las impresoras 3D por cualquier persona que desee tener interacción

con un equipo de este nivel, consecuentemente permitirá se desarrollen las ideas de que exista una impresora 3D en las escuelas y en los hogares.

5 Conclusiones

Con el presente trabajo se puede concluir que con un manual que todo tipo de persona pueda seguir para utilizar una impresora 3D se puede obtener de manera tangible cualquier tipo de archivo CAD, idea o necesidad que se genera a partir de mejoras para la vida. El proyecto busca seguir patrones previamente estudiados y validados que den la confianza y certeza a los usuarios de que obtendrán resultados satisfactorios. Como ya nos lo han expresado varios autores, la tecnología de impresión 3D reduce el proceso de obtención de piezas o producto terminado, de una manera única y sencilla.

6 Agradecimientos

Se agradece el apoyo de la Dirección General de Estudios Superiores Tecnológicos (DGEST) por la beca No. OUDL900823MSRZVZ06, otorgada al primer autor con el propósito de sustentar el desarrollo de este proyecto.

Referencias

1. Gibson I., Rosen D.W., Stucher B., Additive Manufacturing Technologies, Springer, New York, USA, 2010
2. Krajewski, L., Ritzman, L. P., Administración de operaciones, estrategia y análisis, Pearson, 2000
3. Groover, M., Fundamentals of Modern Manufacturing: materials, processes and systems, Wiley, 2010
4. Isaza J. F., Naranjo M., Prototipaje rápido de estructuras craneofaciales, Ingeniería y Ciencia, Vol. 4, No. 8, Págs. 27-43, 2008
5. Huang B., Singamneni S., Alternate slicing and deposition strategies for fused deposition modelling of light curved parts, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol. 55, No. 2, 2012
6. Kumar V., Makade R., Mehla N., Advancement of rapid prototyping in aerospace industry, International Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 3, No. 3, 2011
7. Munguia J., de Ciurana J., Riba C., Pursuing succesful rapid Manufacturing: a user's best practices approach, Rapid Prototyping Journal, Vol. 14, No. 3, 2

Rediseño del Sistema de Gestión de Almacenes de Empresas Comercializadoras

Jaime Alfonso León-Duarte, Carmen Gisselle Viramontes-García

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

Resumen: En este artículo se expondrá una metodología, la cual muestra los pasos requeridos para realizar un rediseño en los Sistemas de Gestión de Almacenes (SGA) de una empresa comercializadora, debido a que un SGA inestable genera retrasos en los cierres anuales (malos conteos de producto, cierres fiscales en periodos no correspondientes, entre otros), así como pérdidas económicas para la empresa. El rediseño del SGA busca estabilizar los niveles de inventario anuales de una empresa comercializadora, así como establecer los procesos correctos que se realizan en este departamento y la agilización de los mismos. Ahora bien la metodología es aplicada dentro de los procesos y controles internos de almacén, esta metodología se compone por diversas herramientas como lo son: diagramas de Ishikawa, Pareto, análisis de transporte, diseño de instalaciones, entre otras. A su vez se complementará este rediseño con una propuesta en el área de seguridad e higiene laboral.

Palabras clave: Almacén, Sistema de gestión, Procesos, Control interno, Seguridad

1 Introducción

El trabajo es la base y fundamento de la vida social e individual [1], pero desde hace más de dos décadas, el mundo del trabajo viene conociendo profundas y permanentes transformaciones [2].

Por otra parte desde la antigüedad el ser humano ha buscado como salvaguardar sus alimentos, herramientas, productos, en sí cualquier bien que le proporcione una estabilidad en sus actividades cotidianas. A estos lugares en la antigüedad se les

Jaime Alfonso León-Duarte y Carmen Gisselle Viramontes-García, *Rediseño del Sistema de Gestión de Almacenes de Empresas Comercializadoras*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 122-132, 2014.

denominaban silos, ubicándose en la parte subterránea de la ciudad, tiempo después estos lugares cambiaron su nombre a al-mai-zén, ubicándose en la parte superior de la tierra.

Las definiciones asignadas a un almacén son diversas, ejemplo de ello, es la mencionado por García [3], por su parte expresa que un almacén constituye, sin duda alguna, uno de los puntos neurológicos más importantes para lograr economías potenciales y aumentar las utilidades de la empresa, por su parte (Astals, 2010) lo define como: “Un espacio donde se depositan mercancías de forma adecuada, segura y ordenada, sin que sufran transformación alguna.

Gestión de almacenes: Procesos

Un sistema de gestión de almacenes según [4] la gestión de almacenes es “El proceso de la función logística que trata la recepción, almacenamiento y movimiento dentro de un mismo almacén hasta el punto de consumo de cualquier material – materias primas, semielaborados, terminados- así como el tratamiento e información de los datos generados.”

Gestión de almacenes: controles internos

El control interno de un almacén data de finales del siglo XIX, es de suma importancia contar con un control interno, ya que éste asegurará el éxito del departamento, a su vez estos controles se basan en la exactitud del producto físico almacenado y sus registros correspondientes [5], incluyéndose los movimientos que se realicen con los bienes del almacén.

Los inventarios forman parte importante tanto para una empresa como para el control interno del almacén, aunque en algunas empresas los vean como un mal necesario para garantizar la continuidad de su actividad fundamental, sin embargo, se requiere de una buena gestión de inventarios para mantener las cantidades mínimas necesarias que garanticen la continuidad de todo el flujo de la cadena logística [6].

Los almacenes y las TIC'S

Los avances en las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) ofrecen nuevas posibilidades para la gestión de la empresa comercial, y en concreto para el proceso logístico [7,8] consideran la tecnología de la información como uno de los factores clave del éxito en una organización.

Ergonomía, Seguridad e higiene dentro de los almacenes

Romero [9] expone que las tareas operativas que se realizan en los almacenes, consisten generalmente en la carga y descarga de aquellos pedidos que son destinados a diferentes centros comerciales o puntos de venta, así como a la colocación de los mismos en estantes que se disponen a diferentes alturas; las condiciones de manipulación de las cargas que

realiza el trabajador suelen ser muy variables, tanto en peso como en relación a sus características geométricas.

En base a lo anterior se dice que un trabajador puede lesionarse al manipular de una manera inadecuada las cargas regulares.

Esta investigación tiene como objetivos formular una propuesta de rediseño del sistema de gestión del almacén, con la finalidad de disminuir el retraso en los cierres anuales, inventarios no confiables, entregas tardías de material, así como la prevención de riesgos laborales por levantamiento de cargas.

Por lo cual en el siguiente apartado se expondrán las bases teóricas con referencia a los almacenes y su gestión así como los procesos y controles internos que intervienen en este, de la misma forma se presenta información relevante con referencia a las nuevas tecnologías que se están empleando dentro de estos departamentos, debido a que la seguridad e higiene son puntos a proponer dentro del nuevo rediseño del sistema, se exponen las normativas a utilizar así como una descripción del termino ergonomía.

2 Marco Teórico

2.1 Almacén

Un almacén es parte de una red logística, esto debido a que es un agente regulador en el flujo de la mercancía de la empresa, se requiere un equilibrio en la gestión de este recinto ya que esto dará una estabilidad a la demanda de la empresa. Para llevar a cabo una buena gestión de almacenes se requiere de un control interno, así como la administración correcta de sus recursos, a su vez se requiere saber cuáles son los límites máximos y mínimos del material a almacenar, la rotación de ellos, los costos que se involucran la requisición del producto, así como sus costos por almacenaje.

2.2 Sistema de Gestión de Almacenes

El Instituto Aragonés de Fomento [13], define a la gestión de almacenes (GA) como “El proceso de la función logística que trata la recepción, almacenamiento y movimiento dentro de un mismo almacén hasta el punto de consumo de cualquier material – materias primas, semielaborados, terminados- así como el tratamiento e información de los datos generados” .

La GA contiene ciertos objetivos que la hacen cumplir con sus actividades, estos objetivos son: maximizar la rotación del producto, la operatividad de almacenes y la capacidad de almacenamiento, así como también minimizar los recorridos en las operaciones, costos e inversiones en inventarios, desaprovechamiento de espacio y pérdida de producto [10].

Según [11] dentro de una gestión de almacenes existen procesos operativos, los cuales son aquellos que se encuentran en contacto directo con el usuario.

Los procesos operativos que integran un SGA [12] son: recepción, ubicación, preparado de pedidos y envío a clientes. Así como existen procesos operativos dentro de un almacén también existen los controles internos, siendo estos: Controles de inventarios y administrativos [5].

2.3 Almacenes y Tecnologías de la Información y la Comunicación

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación se pueden aplicar dentro de un almacén como un sistema de codificación de productos, estos sistemas funcionan sin necesidad de cambiar los códigos ya existentes dentro de este departamento, a su vez reduce el riesgo de errores en la migración de un código a otro [13]. Según el Instituto Aragonés de Fomento [13] se pueden utilizar dentro de un almacén las siguientes tecnologías de la información:

- Código de barras: Código óptico, magnético, equipos de lectura, impresión de etiquetas
- Radio frecuencia: Portátiles de mano, montado en carretillas, comunicación en tiempo real
- Ordenadores de a bordo: Ligados a flotas de transporte, posicionamiento, comunicaciones (satelite/radio frecuencia)
- Terminales portátiles: Preventa, autoventa y comunicación (Radio, línea telefonica, etc)
- Reconocimiento de voz
- Sistema integrados de gestión logística

2.4 Ergonomía, Seguridad e Higiene Dentro de un Almacén

Ergonomía es la ciencia aplicada al estudio de la relación hombre-máquina, esta definición es una generalización de distintos enunciados expuestos por diversos autores, entre ellos podemos encontrar a Bridger (2003), Mondelo (1994) y Melo (2009)

Existen distintas normativas mexicanas que ayudan a salvaguardar el bienestar de un operario en su estación de trabajo [14], entre ellas podemos encontrar las siguientes:

NOM-006-STPS-2008: Manejo y almacenamiento de materiales. Condiciones y procedimientos de seguridad: Esta normativa tiene como objetivo el establecer las condiciones y procedimientos de seguridad para evitar riesgos de trabajo, ocasionados por el manejo de materiales de forma manual y mediante el uso de maquinaria.

NOM-017-STPS-2008, en la cual se establece la selección, uso y manejo de equipo de protección personal en los centros de trabajo.

NOM-026-STPS-200 Establece los colores y señalamientos de seguridad e higiene, e identifica los riesgos por fluidos conducidos en tuberías: su principal objetivo es establecer los requerimientos en cuanto a los colores y señales de seguridad e higiene que correspondan.

3 Descripción del Problema a Abordar

En 1997 el proyecto HarCo del Noroeste dio inicio como una pequeña tienda de distribución de Equipo de Protección Personal (EPP), Esta empresa cuenta con cuatro áreas principales: comercialización, finanzas, taller y almacén. Esta última se divide en un almacén principal y tres almacenes de consigna. Sin embargo, desde los inicios de esta empresa hasta la fecha se han presentado problemas con la gestión del almacén principal, ya que se carece de controles que ayuden al buen funcionamiento de esta área; a su vez se desconocen los procesos correctos que se llevan a cabo en un almacén por otro lado al realizar movimientos con cargas, se están presentando una sintomatología relacionada con lesiones lumbares, así como en las extremidades inferiores y superiores de los almacenistas.

Al contar con un sistema de gestión de almacenes muy elemental, han surgido una serie de problemas característicos de esta área como lo son: la falta de espacio para almacenar, problemas de ubicación de productos, entradas y salidas de material sin registrar, envío de materiales equivocados, algias lumbares así como en las extremidades inferiores y superiores. Repercutiendo en los: cierres anuales, inventarios no confiables, entregas tardías, así como la posible aparición de lesiones lumbares y extremidades superiores e inferiores.

En resumen el sistema de gestión de almacenes no cuenta con una estructura suficientemente sólida como para hacer frente a los procesos externos de la empresa (cierres financieros, entregas a tardías a clientes, entre otros).

4 Desarrollo de la Solución

El enfoque metodológico que se propone, surge a partir del análisis llevado a cabo sobre los procesos correctos y los controles internos necesarios para el buen funcionamiento de un almacén. Esta investigación es multidisciplinaria, ya que intervienen temáticas de diseño de instalaciones, flujo de material, control de inventarios, administración de almacenes, ergonomía y seguridad e higiene industrial. Así también es una investigación aplicada, de carácter correlacional. En la figura 4.1 se muestra la metodología propuesta para el rediseño de un sistema de gestión de almacenes.

Esta metodología está integrada por siete etapas, siendo estas:

1.- Identificar y definir los procesos y controles internos del almacén objeto de estudio, el cual a su vez se divide en una fase la cual comprende el filtrado de información, donde se utilizan diagramas de flujo y tablas comparativas para definir qué información se acerca más a los procesos y controles internos del almacén bajo estudio.

2.- Diagnosticar y evaluar los procesos y controles internos del almacén bajo estudio, esta etapa es comprendida por el diagnóstico al área bajo estudio. Utilizando un análisis situacional a los procesos y controles de almacén

3.-Proponer un Rediseño de instalaciones y herramientas TIC's: esta etapa es constituida por dos fases, la primera de ellas es la distribución de instalaciones, la cual

comprenden: Los datos de partida (obtenidos de la delimitación de la zona bajo estudio, la identificación de estantería, maquinaria o equipo a utilizar), identificar la ubicación de las familias que se encuentran almacenadas, diagramas P-Q (Producto-Cantidad), diagramas de flujo geográfico, evaluación situacional y por último una búsqueda de alternativas. La segunda fase de esta etapa corresponde a la propuesta de herramientas TIC's, la cual se regirá por las siguientes normas: Selección de herramientas TIC's que ayuden a mejorar el control y procesos de almacén y Establecer las bases para realizar la implementación de aquellas herramientas que cumplan con los objetivos de selección.

4.-Determinar los controles internos: Se evaluarán las características necesarias para el modelo de inventarios que mejor se adecue a la empresa objeto de estudio, así como también se evaluará el sistema de gestión de inventarios actual para verificar si éste es el más apto para llevar a cabo los procesos de inventario.

Esta verificación se realizará comparando las características requeridas por el nuevo control de inventarios y las características particulares del sistema computacional usado por la empresa, a su vez se contrastarán estas características del sistema con las de otros sistemas que lleven a cabo distintos modelos de inventarios.

5.-Evaluar las instalaciones y equipos de protección personal según normativas: para realizar esta etapa se llevarán a cabo las siguientes fases: Aplicación de la lista de identificación de riesgos, la cual evalúa 11 aspectos importantes de un área de trabajo.

-Al realizar la identificación de riesgos se seleccionarán las normativas relacionadas con las actividades que se realizan dentro del área a estudiar y que resultaron con algún riesgo.

-Seguido a lo anterior se someterá el área de estudio a auditorías basadas en las normativas seleccionadas previamente.

-Analizar los resultados de auditorías y formular un plan de prevención de riesgos basándose en aquellos puntos que resultaron con un menor nivel de protección o mayor nivel de riesgo laboral.

6.-Diagnosticar el nivel de riesgo ergonómico al que se encuentran expuestos los almacenistas: las fases para el diagnóstico del nivel de riesgo ergonómico son las siguientes: Tabla comparativa entre características de distintos métodos de evaluación ergonómica, selección del método que mejor se adapte a las actividades a evaluar, realizar evaluación de posturas, levantamiento de cargas, entre otras actividades que se realizan en el área, análisis de resultados y propuesta de solución con base en los resultados del paso anterior.

7.-Elaboración del manual de gestión de almacenes: dentro de esta etapa se llevan a cabo siete fases, siendo estas: Planeación del desarrollo del manual, determinar los responsables de la elaboración del manual de GA, Determinar los objetivos generales, específicos, alcances y tipo de manual, recolección de información, análisis y diseño de la información, estructura interna del manual, descripción de actividades.

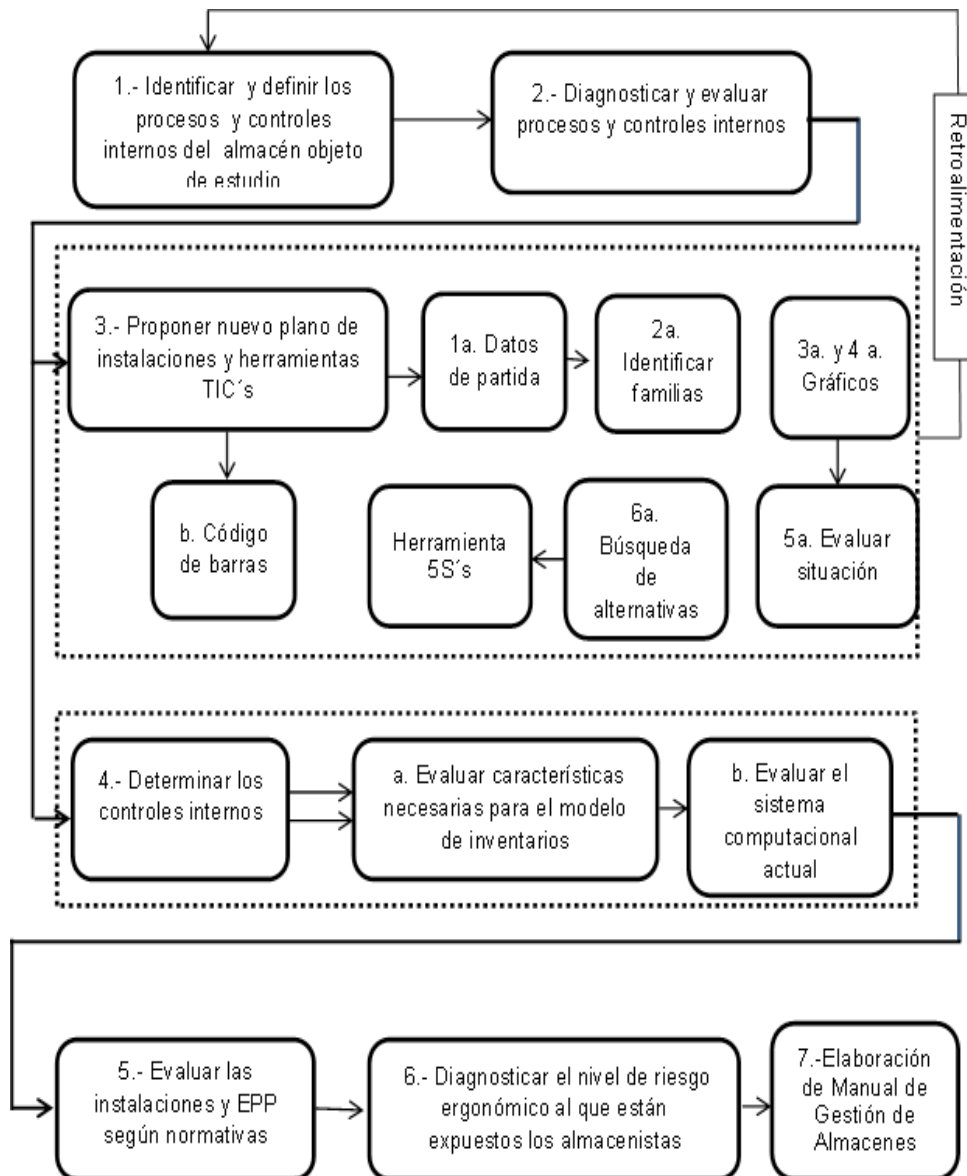







Figura 4.1 Metodología propuesta para el rediseño de un SGA

5 Resultados







Los resultados obtenidos después de la realización de los análisis con respecto a los procesos de almacén son mostrados en las siguientes tablas (ver tablas 5.1-5.3):

Tabla 5.1 Concentrado de resultados del proceso de Recepción

Proceso: Recepción		Antes		Después	
Paso	Símbolo	Pasos	Minutos	Pasos	Minutos
Operación		7	115	7	115
Traslado		2	35	1	15
Demora		2	40	1	5
Verificación		1	12	1	5
Archivo		1	5	1	5
Total		13	207	11	145






El primer proceso recepción constaba de 13 pasos, dando un total de tiempo de 207 minutos. Después de realizar las mejoras propuestas se redujo a 11 pasos con un tiempo de 145 min. Incrementando así el valor agregado de esta operación y disminuyendo el desperdicio en tiempo de la misma.

Tabla 5.2 Concentrado de resultados del proceso de Ubicación

Proceso: Ubicación		Antes		Después	
Paso	Símbolo	Pasos	Minutos	Pasos	Minutos
Operación		5	110	5	120
Traslado		1	10	1	10
Demora		0	0	0	0
Verificación		3	30	1	10
Archivo		0	0	0	0
Retrabajo		1	20	0	0
Total		10	170	7	140

Con respecto al proceso de ubicación se redujo en tres el número de pasos para realizar esta operación, reduciendo así en 30 min. el tiempo final de la operación.

Tabla 5.3 Concentrado de resultados del proceso de Pedidos

Proceso: Preparado de pedidos		Antes		Después	
Paso	Símbolo	Pasos	Minutos	Pasos	Minutos
Operación		6	95	6	105
Traslado		1	20	1	20
Demora		2	70	0	0
Verificación		1	10	1	5
Archivo		1	5	1	5
Total		10	200	9	135

A pesar de que en este proceso el número de pasos no se pudo disminuir de una manera significativa, si se pudo disminuir el tiempo que tomaba realizar este procedimiento de 200 minutos a 135 minutos, eliminando las demoras en el proceso.

Al realizar el proceso de diseño de instalaciones dio como resultado tres posibles distribuciones, en la tabla siguiente se muestra una de estas distribuciones:

Tabla 5.4. Propuesta de distribución del área

Letra	Nombre del área Antes	Después
A	3M (Protección respiratoria)	3M (Protección respiratoria)
B	MSA (Cascos de seguridad)	MSA (Cascos de seguridad)
C	Varios (Fco, ramírez, gysa, entre otros)	MSC (Artículos de importación)
D	Jyrsa (Soportes lumbares) lado B del anaquel	MSA (Equipo de protección personal)
E	MSA (Equipo de protección persona)	Fco. Ramirez Limon
F	Calzado de seguridad	Calzado de seguridad
G	Calzado de seguridad lado A y B	Keystone Lado B
H	Calzado de seguridad	The safety zone
I	Calzado de seguridad (bota)	
J	Bota de seguridad	Bota de seguridad
K	The Safety zone (Equipo de protección personal)	Texto pres
L	Keystone	Varios (CRM, Kimberly, entre otros)
M	Showa Best	Calzado de seguridad con baja

		rotación
N	Varios	varios
O	Texto pres	Jyrsa (soportes lumbares)
P	Zona de inventario muerto	Zona de inventario muerto
Q	Zona de importacion	Zona de importacion
R	Zona de preparado de pedidos y revisión de producto	Zona de preparado de pedidos y revisión de producto
S	Devoluciones	Devoluciones
T	Zona de Envío de producto	Zona de Envío de producto
U	Zona de carga	Zona de carga
V	Zona de descarga	Zona de descarga
W	Oficinas administrativas	Oficinas administrativas

6 Conclusiones

Una vez obtenidos los resultados de los análisis y procesos realizados se llega a la conclusión de que al establecer los lineamientos y estructuras de los procesos y controles de almacén estos pueden tener un mayor control sobre los problemas que se presentan en esta área de la empresa.

A su vez se propone la capacitación constante del personal, así como un nuevo rediseño de la ubicación del producto que proporcione un mejor acceso y disminuya distancias al momento de preparar el pedido.

Referencia

1. G. Quintero, Salud Ocupacional 2011-2012, Armenia: Corporación Universitaria Empresarial Alexander Von Humboldt, 2012.
2. F. Durán, «El modelo de prevención de Riesgos Laborales ante las mutaciones del mercado de trabajo,» Ibermutuamur, p. 9, 2014.
3. A. García, Almaén: Planeación, Organización y Control, México, 1995.
4. I. A. d. Fomento, «Programa Empresa,» Instituto Aragonés de Fomento, 3 OCTUBRE 2010. [En línea]. Available: [http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/0/e88d210e51f9371ac125705b002c66c9/\\$FILE/almacen1y2.pdf](http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/0/e88d210e51f9371ac125705b002c66c9/$FILE/almacen1y2.pdf). [Último acceso: 20 SEPTIEMBRE 2013].
5. L. Gómez-Cambroner y S. Saez, Sistema de Mejora Continua de la Calidad en el Laboratorio: Teoría y Práctica, Valencia: Publicacions de la Universitat de Valencia, 2011.
6. O. Maritza, «GISERCOM: Un procedimiento eficiente para la gestión de inventarios en empresas comerciales y de servicios,» Observatorio de la Economía Latinoamericana, vol. 176, p. 36, 2012.
7. I. Gil, A. Mollá y M. Ruiz, «Automatización del almacén y surtido en la distribución

de productos de uso duradero,» *UNIVERSIA Business Review*, p. 15, 2008.

8. P. Buxmann y J. Gebauer, «Evaluating the use of information Technology in inter-Organizational relationships,» de *Conference on Systems Sciences, Hawaii*, 1999.
9. J. Romero, «Metodología de evaluación del riesgo de lesiones musculoesqueléticas para tareas que integran una elevada variabilidad en las condiciones de manipulación manual de cargas,» *Ibermutuamur*, p. 4, 1999.
10. Correa y R. Gómez, «Tecnologías de la Información y Comunicación en la Gestión de almacenes,» *Avances en Sistemas e Informática*, vol. 6, nº 2, p. 5, 2009.
11. S. Saéz y L. Gómez-Cambrónero, «Sistemas de mejora continua de la calidad en el laboratorio: Teoría y práctica,» *Universitat de València*, 2006.
12. J. Valenzuela y L. Romero, «Análisis y Evaluación de las actividades involucradas en las fases de recibo y almacenamiento de un almacén del noroeste de México dedicado a proveer autopartes,» *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, vol. 2, p. 6, 2012.
13. Instituto Aragonés de Fomento, «Aragón empresa programa de mejora competitiva,» 2013. [En línea]. Available: [http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/0/e88d210e51f9371ac125705b002c66c9/\\$FILE/almacen1y2.pdf](http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/0/e88d210e51f9371ac125705b002c66c9/$FILE/almacen1y2.pdf). [Último acceso: 20 Septiembre 2013].
14. S. d. T. y P. Social, «STPyS,» Secretaría del Trabajo y Previsión social, 2008. [En línea]. [Último acceso: 13 02 2014].

Diagnóstico sobre las Actividades de Logística Inversa en PYMES del Municipio de Cajeme para Proponer Alternativas que Generen una Ventaja Competitiva

María Paz Guadalupe Acosta-Quintana, Jorge Arturo Palomares-Mendoza,
Arnulfo Aurelio Naranjo-Flores, Sandra Armida Peñuñuri-Gonzalez y Martha Rosas-Salas

Instituto Tecnológico de Sonora, Av. Antonio Caso S/N Esquina con Kino. CP 85130. Ciudad Obregón, Sonora, México.
marypaz.acosta@itson.edu.mx

Resumen. Esta investigación se realizó en Ciudad Obregón Cajeme cuyo objeto bajo estudio fueron las PYMES dedicadas a la elaboración y distribución de alimentos; el objetivo de la investigación fue el determinar las actividades de logística inversa necesarias para lograr una ventaja competitiva en Pymes del Municipio, dedicadas a la fabricación y distribución de alimentos procesados industrialmente. Se apoyo en la metodología de para investigaciones de tipo cuantitativa. Como un resultado principal se obtuvo que las empresas realicen actividades de recolección y eliminación, enfocándose a la eliminación de desperdicios o residuos de material. Un aspecto a destacar es que las empresas en este aspecto pueden sacar provecho a estos residuos o desperdicios, ya que existe mercado para este tipo de productos en la región, como el porcino y se deben de aprovechar estos para poder sacar una ganancia extra de los desechos y desperdicios de la empresa.

Palabras clave: Logística inversa, pymes, ventaja competitiva, instrumento, evaluación.

1 Introducción

Las empresas exitosas normalmente compiten sobre la base de alcanzar costos más bajos o sobre la base de la diferenciación. Si bien la generación de ventaja competitiva radica en la forma en que una empresa diseña y ejecuta sus actividades, es necesario tener presente que es el encaje y la suma de todas estas actividades, y no la consideración aislada de una de ellas, la que genera ventaja competitiva [1].

María Paz Guadalupe Acosta-Quintana y Jorge Arturo Palomares-Mendoza, *Diagnóstico sobre las Actividades de Logística Inversa en PYMES del Municipio de Cajeme para Proponer Alternativas que Generen una Ventaja Competitiva*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 133-139, 2014.

134 María Paz Guadalupe Acosta-Quintana, Jorge Arturo Palomares-Mendoza, Arnulfo Aurelio Naranjo-Flores, Sandra Armida Peñuñuri-Gonzalez y Martha Rosas-Salas

La economía de Sonora y de sus municipios se encuentra relativamente diversificada y sus principales actividades económicas se concentran en los sectores de manufactura, comercio y servicios. Por otro lado, un área sensible de la economía local es la pérdida de competitividad, ante otras ciudades del noroeste; según el índice de competitividad urbana y municipal emitido por el Instituto Mexicano de Competitividad [2], Ciudad de Obregón se encuentra en la posición 26, clasificación que considera las 77 ciudades más importantes del país; mientras que Hermosillo es la ciudad número 13, Mexicali ocupa el lugar 10 y Guaymas ocupa la posición 42.

Una empresa desconoce cuántos productos le serán devueltos y en qué condiciones estarán. La logística inversa puede suponer para las empresas grandes oportunidades como menores costos, potenciales beneficios como son nuevas oportunidades de negocios e iniciativas de calidad medioambiental. Aún más, una empresa podrá generar diferencias competitivas a través de una estrategia de posicionamiento buscando una imagen de empresa medioambientalmente responsable [3].

En México no existe información y datos organizados sobre los resultados que las empresas han obtenido al capitalizar la logística inversa como un área de oportunidad para reducir costos de operación, incrementar utilidades, conservar y ganar clientes, y ser más competitivas. No obstante, aunque los consultores y expertos en el tema no hablan de un número preciso de compañías que la están implementando, coinciden en existe un incremento en la preocupación de las empresas por aprovechar al máximo las ventajas que da la logística inversa y minimizar los costos de la misma [4].

Los estudios que se han realizando en torno a logística inversa se describen a continuación: en el 2009 la Revista Internacional Nueva Gestión Organizacional publica una investigación realizada por Rosas y Rosas, sobre Logística Inversa como alternativa a la gestión de productos fuera de uso en relación al medio ambiente, intentando evaluar y gestionar los PFU (productos fuera de uso) generados por empresas de la transformación en el Corredor Industrial Xicotencatl del Estado de México.

En mayo del 2010 se realizó un estudio de acuerdo a lo publicado por la Revista InBound Logistics, para conocer el estado de la logística Inversa en el país, este estudio se realizó con el objetivo de determinar el grado de conocimiento y la importancia de la Logística Inversa entre las empresas mexicanas que cuentan con alguna función logística.

Además en el 2010, en el Noroeste del país, se realizó en la ciudad de Hermosillo Sonora, mediante la participación de 44 empresas, un análisis del crecimiento de las Pymes cuyos planes de negocios fueron creados dentro del esquema de incubación, en comparación con el crecimiento de la misma cantidad de empresas que no adoptaron este esquema de surgimiento.

En el caso particular de Cajeme para las empresas MiPymes de giro alimentos no se han realizado estudios con el fin de conocer las acciones que realizan en torno a la función de logística inversa, es por eso que se plantea como objetivo el determinar las actividades de logística inversa necesarias para lograr una ventaja competitiva en MiPymes del Municipio de Cajeme, dedicadas a la fabricación y distribución de alimentos procesados industrialmente.

La estructura de este trabajo está constituida por marco teórico relacionado con la logística inversa, las razones de las devoluciones de los productos y el manejo, la calidad y seguridad de los alimentos. Además se describe la problemática sobre la cual se centra la investigación, el desarrollo de la solución, los resultados y las conclusiones.

2 Marco Teórico

La logística inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos, así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales. Incluso se adelanta al fin de vida del producto, con objeto de darle salida en mercados con mayor rotación [5]. Los procesos en logística inversa se enfocan hacia cinco actividades clave: compras, reducción de insumos vírgenes, reciclado, sustitución de materiales y gestión de residuos [6].

Se considera que los distribuidores que adoptan programas de logística inversa ahorran costos en sus ventas, reducen mucho tiempo y dinero dedicado a la gestión de retornos de recursos, transporte y reconciliaciones en la facturación [7]. En este sentido, la logística inversa se presenta como una actividad clave a mejorar en las empresas, siendo espectaculares los resultados en las empresas que ya han llevado a cabo avances en este campo en concreto, según algunos estudios viene a representar un 4% de los costos logísticos totales [8].

Las razones por las cuales se realizan las devoluciones a nivel mundial son: productos defectuosos (35.7%), prácticas de marketing (29.12%), balance de stock (14.29%), errores de envío (11.5%), daños de envío (8.29%) y otros motivos (1.1 %). Mientras que las actividades que se hacen con los productos devueltos son: reciclado (35.34%), re-manufactura (25.56%), eliminación (18.05%), venta a mercados secundarios (7.52%), desembalaje (5.26%), retorno al inventario (3.01%), donaciones (1.50%) y otros (3.76%) [9].

Algunos errores estratégicos en que la empresa puede incurrir son [10]: no reconocer que la logística inversa puede ser un factor creador de ventaja competitiva, creer que una vez distribuidos los productos, la responsabilidad de la empresa ya ha finalizado y pensar que las devoluciones son relativamente poco importantes en términos de coste, de valor o de potenciales beneficios.

Actualmente el mundo no está preparado para realizar una logística inversa óptima, consecuentemente la subcontratación de la logística inversa se configura como una opción más que considerable teniendo en cuenta todas las dificultades que entraña y más para empresas cuyo verdadero negocio es otro [11].

El adecuado tratamiento de las mercancías de este tipo en cada una de las fases del producto es fundamental para conseguir el éxito. La variedad de referencias, de pedidos, de destinos, la caducidad del producto y la necesaria rapidez en el aprovisionamiento exigen una buena gestión de la cadena logística. Esto ha provocado el aumento de la externalización de los procesos logísticos. Las empresas de alimentación, a la hora de

136 María Paz Guadalupe Acosta-Quintana, Jorge Arturo Palomares-Mendoza, Arnulfo Aurelio Naranjo-Flores, Sandra Armida Peñuñuri-Gonzalez y Martha Rosas-Salas

subcontratar su logística, requieren principalmente a un operador que esté en disposición de ofrecerles un coste variable y competitivo; que sea capaz de prestar un servicio logístico integral [12].

La seguridad y calidad de los alimentos que se distribuyen al público es una preocupación constante de todas las organizaciones sanitarias. Los cuadros de enfermedades asociadas a una incorrecta conservación y preparación de los alimentos son frecuentes y, en muchas ocasiones son graves. La seguridad de los alimentos depende de las correctas prácticas en toda la cadena alimentaria, desde la producción hasta cuando es servido en una mesa. Sin embargo, el eslabón más débil de esta cadena en lo que se refiere a transmisión de infecciones, es la manipulación, preparación y conservación de los alimentos [13].

3 Descripción del Problema a Abordar

La investigación se realiza en el municipio de Cajeme de manera particular está enfocada a las MiPymes dedicadas a la producción y distribución de alimentos y cuyo proceso principal es el de la logística inversa. Para lograr una mejor posición competitiva del Municipio de Cajeme, es necesario conocer las oportunidades de mejora con que cuentan las MiPymes e identificar todas aquellas actividades que puedan realizar estas empresas y logren posicionarse de una mejor manera a nivel regional y nacional. En estudios preliminares en Sonora sobre MiPymes se exhibe la carencia de información representativa sobre las actividades logísticas realizadas en ellas, por ello existe un espacio de oportunidad propicio para el desarrollo de investigaciones en el tema de logística en el sector industria en alimentos, y en especial logística inversa.

Para poder realizar una evaluación de las MiPymes del giro industrial en alimentos respecto a su logística inversa es necesario contar con el instrumento de medición lo más adecuado posible, de tal forma que el instrumento represente la situación real del objeto de estudio y logre obtener resultados que conduzcan a mejorar la rentabilidad de las empresas.

Dado lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación, ¿Cuáles son las actividades de logística inversa necesarias de realizar en las MiPymes del sector industrial ramo alimentos en el Municipio de Cajeme, de tal manera que generen una ventaja competitiva?

4 Desarrollo de la Solución

A continuación se describen los materiales y métodos utilizados en la investigación.

4.1 Materiales y Métodos

Los materiales que se utilizaron en la investigación fue un listado de las empresas, proporcionado por CANACO e IMSS. Se diseñó un instrumento organizado por bloques para evaluar la función de la logística inversa en las MiPymes.

El procedimiento que se siguió está sustentado en lo que propone Hernández [14] para investigaciones de tipo cualitativo. Para el desarrollo de la investigación fue necesario generar un listado de empresas que sean potenciales a considerar en la investigación para lo cual se utilizó una base de datos proporcionada por CANACO e IMSS, en donde se identificó el universo poblacional de empresas micro y pequeñas. Después se estableció el número de empresas a considerar, siendo 20 empresas. El siguiente paso fue seleccionar el modelo normativo de logística inversa a tomar como referencia y poder tomar las características o fases generales y además se determinaron las actividades específicas que podría realizar una empresa en cuanto a logística inversa. Después se diseñó el instrumento de evaluación organizado por bloques de acuerdo al modelo tomado como referencia, posteriormente se determinó el número de preguntas por sección, cuidando que la redacción sea acorde a lo que cada sección demandaba. Por último se determinó el número de respuestas en cada pregunta, las opciones de respuesta y la escala más conveniente.

Una vez elaborado el instrumento se procedió a su aplicación acudiendo a las empresas seleccionadas. De esta manera, se concretó una muestra por aceptación que favoreció una prueba piloto. Para el análisis de los resultados se elaboraron e interpretaron tablas de respuestas, después se determinó la confiabilidad del instrumento y la validez del mismo, además se determinó la frecuencia modal. Posteriormente se determinó la situación actual permitiendo identificar las actividades que se realizan como las que no se llevan en la práctica. Al comparar los hallazgos de la investigación (síntomas) con el modelo normativo se identificaron las brechas entre la situación actual de las empresas y el estado ideal. Finalmente, se realizó una propuesta mediante la cual se logre obtener una ventaja competitiva para las empresas, considerando las condiciones actuales de las mismas y los beneficios que podrían obtener.

5 Resultados

Una vez aceptada la inclusión en el proyecto de las nueve empresas, se aplicó el instrumento de evaluación a la muestra por aceptación se encontró que no todas ellas realizaban actividades correspondientes a los seis bloques, siendo estos: 1) colección, 2) eliminación, 3) recuperación, 4) procesamiento, 5) remanufacturación y 6) otros; algunos bloques no fueron respondidos por ocho de las nueve empresas.

Según el modelo de logística inversa propuesto por Soto [15] debe existir seis rasgos o categorías generales en una empresa, independientemente de su tamaño y giro comercial; al analizar la muestra por aceptación se observó que solo en una de ellas cumple las actividades de todos los bloques.

Se considera que existe una oportunidad en las actividades de los bloques de procesamiento y remanufacturación; ya que estas actividades no se realizan en 8 de las

138 María Paz Guadalupe Acosta-Quintana, Jorge Arturo Palomares-Mendoza, Arnulfo Aurelio Naranjo-Flores, Sandra Armida Peñuñuri-Gonzalez y Martha Rosas-Salas

nueve empresas en la muestra, el 88% de ellas desaprovechan esta oportunidad. Además las actividades del bloque referente a Mercados Secundarios e Información, no se llevan a la práctica en 7 de las 9 empresas, el 77% de las empresas en la muestra desaprovecha esta oportunidad.

Las actividades de Colección, así como también las actividades de Recuperación no se aprovechan en 5 de las 9 empresas. Es decir, el 55% de las empresas en la muestra final no lleva a cabo actividades de colección ni actividades de recuperación. En general el cumplimiento promedio de la muestra final con el modelo teórico propuesto por Soto [15] fue de 38.7 %.

A partir de los resultados y considerando el tamaño de las empresas se les proponen actividades que no impliquen la aplicación de grandes recursos económicos, y sean viables de implementar. En los centros de distribución y venta se propone realizar actividades de Colección o recogida de productos de manera diaria, para evitar la eliminación y destrucción definitiva de producto dañado o caduco. Una vez recolectado el producto que haya sido dañado pero sin rebasar su fecha de caducidad y que aun conserven sus propiedades alimenticias se propone elaborar productos nuevos, que pueden venderse a bajo costo en el mismo mercado.

Una de las opciones que se proponen es llevar un seguimiento documentado de manera formal a las cantidades de devoluciones, ya que según la información recabada no existe la documentación sobre esas cantidades. Para ello se propone utilizar indicadores de desempeño (KPI), en donde se analice la correspondencia entre la cantidad de producto devuelto y la cantidad de producto vendido por día; es decir, el indicador sería de la siguiente forma:

Una opción para que las empresas desarrollen un modelo de logística integral es establecer medidas de control y seguimiento, por ello se propone en relación a los indicadores anteriores, registrar los centros de distribución que frecuentemente originen las devoluciones; así como las condiciones en que exhiben los productos, al adoptar una trazabilidad inversa con lo cual se podrían detectar causas probables de flujos inversos.

Con este estudio fue posible obtener información sobre la situación actual de las empresas en relación a la logística inversa y a través de ella es posible ver que estas requieren apoyos que les permita realizar acciones orientadas a desarrollar ventajas competitivas, además de ser un insumo clave para futuras investigaciones.

6 Conclusiones

El presente proyecto de investigación va destinado a las MiPymes de Cd. Obregón con el objetivo de determinar las actividades de la logística inversa necesarias para generar una ventaja competitiva en Pymes del municipio de Cajeme dedicadas a la fabricación y distribución de alimentos, lo cual se cumplió de manera satisfactoria.

Con los resultados presentados se puede decir que actualmente las empresas solamente se están preocupando por la etapa de eliminación de desperdicios o residuos de material, lo cual se considera un área de oportunidad que pueden aprovechar las empresas ya que

existe un mercado, el porcino, lo cual les permitiría sacar una ganancia extra a través de vender estos desperdicios y tener así una ventaja competitiva sobre las demás empresas de su mismo giro, esto genera un punto clave, pues en la actualidad hay mercado para todo tipo de productos.

Referencias

1. Porter. (1996). What is Strategy?
2. Instituto Mexicano para la Competitividad (2010). Índice de competitividad urbana 2010. A.C. <http://imco.org.mx/home/>
3. Kotler, P., Dirección de marketing, 8ª ed. Prentice Hall, México. (1994)
4. Aceves, C., (2014) La Logística Inversa, el nicho de oportunidad del momento. <http://www.grupocsl.org/wordpress/?p=9394>. **CSL News.**
5. Rogers, D. &.-L. (2002). Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. *Supply Chain Management* , No. 7, pp. 271-282
6. Díaz, A.; Álvarez, M.J. y González, P., Logística inversa y medio ambiente. Aspectos estratégicos y operativos, Mac Graw Hill, Madrid. (2004)
7. García, M. (2003). Logística inversa, un nuevo coste a tener en cuenta para las empresas que operan en la Unión Europea. Madrid: Pricewaterhouse Coopers
8. Lafuente, C. (2001). Flujos de retorno; perder o ganar. *Manutención y Almacenaje* No. 363
9. Cohen, S., & Lee, H. y. (2004). Manufacturer Benefits from Information Integration with Retail Customers. *Management Science* , No. 50, pp. 431-444.
10. Stock. (2001). Avoiding the seven deadly sins of reverse logistics. Zaragoza: Foro Internacional Pilot
11. Maeso, E. (2001). Los servicios logísticos, análisis estratégico del caso Andaluz. Málaga: Universidad de Málaga
12. Compés López Raúl y Andrés González Silvia. La logística de la alimentación perecedera; Revista: *Distribución y Consumo* MARZO-ABRIL 2004 Departamento de Economía y Ciencias Sociales; Universidad Politécnica de Valencia.
13. Medina González, Purificación REVISTA DIGITAL CIENCIA Y DIDÁCTICA Nº 30 FECHA: 15/01/2010, DIRECCIÓN: Juan José Díaz Rodríguez. Diplomado en E.G.B. Licenciado en Psicología. Licenciado en Pedagogía. Profesor de Enseñanza Secundaria.
14. Hernández, R., Fernández C. & Baptista P. (2010). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill/ interamericana editores, S.A. de C.V.
15. Soto Zuluaga, J. P. (2005) Reverse Logistics: Models and applications, Department of Economics and Business, Graduate Program in Economics, Management and Finance, Universitat Pompeu Fabra, Tesis Doctoral.

La gestión del conocimiento en la implementación del sistema de gestión de calidad ISO-9000 en una empresa de la industria metalmecánica

Jaime Olea-Miranda, José Alberto Espinoza-Mejía, Alonso Pérez-Soltero.

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

Resumen: Hoy en día, las organizaciones buscan la manera de gestionar el conocimiento entre sus empleados, considerado como un recurso estratégico clave y con una fuerte relación con la capacidad que tiene la organización para obtener una ventaja competitiva. La implementación de actividades relativas a la creación, almacenamiento, transferencia y aplicación del conocimiento, proporcionan valiosas herramientas para fortalecer la cultura organizacional que permita adoptar sistemas o estrategias necesarias para que las organizaciones incrementen sus beneficios y sobrevivan en el entorno competitivo y dinámico de los mercados. El objetivo de este trabajo es proponer algunas de las actividades y técnicas del proceso de gestión de conocimiento en las áreas de calidad e ingeniería de una empresa de la industria metalmecánica, se busca generar las condiciones para la implementación efectiva del sistema de gestión de calidad, preparar el camino para mejorar otros sistemas y la cultura organizacional en la empresa.

Palabras clave: Gestión del conocimiento, gestión de calidad, ventaja competitiva, cultura organizacional.

1 Introducción

El conocimiento se ha convertido en uno de los recursos estratégicos de mayor importancia para las organizaciones porque ha sido asociado con las capacidades de las empresas para lograr una ventaja competitiva. Si una empresa desea mejorar o mantenerse en la nueva dinámica que ha impuesto el mercado, deberá encontrar la manera adecuada

Jaime Olea-Miranda, José Alberto Espinoza-Mejía y Alonso Pérez-Soltero, *La gestión del conocimiento en la implementación del sistema de gestión de calidad ISO-9000 en una empresa de la industria metalmecánica*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 140-145, 2014.

de gestionar el conocimiento entre sus empleados para generar la ventaja competitiva que le permita sobrevivir [1].

Bagnoli y Vedovato [2] indican que gran parte del conocimiento que se encuentra en una organización se localiza en las personas que la conforman, el cual es compartido a través de las interacciones interpersonales y relaciones sociales. Por lo cual, es necesario que la organizaciones desarrollen una cultura organizacional y sistemas de recompensas que estimulen este tipo de relaciones para fomentar que el conocimiento sea compartido.

El propósito de este documento es proponer la estrategia para implementar actividades y técnicas del proceso de gestión de conocimiento en dos áreas claves de una empresa de la industria metalmeccánica, específicamente se busca generar las condiciones adecuadas en la cultura de la organización que permitan la implementación efectiva del sistema de gestión de calidad y obtención de la certificación internacional ISO-9000:2008, además de preparar el camino para la adopción de otras estrategias de mejora.

La estructura del documento describe conceptos relevantes para mejorar su comprensión, posteriormente se presenta la problemática actual y la solución propuesta, así como los beneficios esperados y conclusiones.

2 Marco teórico

La literatura sobre gestión del conocimiento, así como la relativa a los sistemas de calidad, han crecido de manera exponencial en los últimos 25 años, la importancia y el interés de trabajar estos conceptos, se relacionan con la posibilidad de identificar las actividades para gestionar de modo eficaz y eficiente este recurso estratégico para potencializar la ventaja competitiva de la empresa.

La gestión del conocimiento puede definirse como la capacidad con que cuenta una organización referente al uso del capital intelectual, experiencia y conocimiento tanto individual como colectivo para alcanzar los objetivos organizacionales a través del proceso de producción e intercambio de conocimiento y su utilización con el apoyo de tecnología [3]. Dalkir[4] indica que la gestión del conocimiento presenta un enfoque deliberado y sistemático para asegurar la completa utilización del conocimiento base de una organización, el potencial de las destrezas individuales, las competencias, los pensamientos, las innovaciones y las ideas para crear una organización más eficiente y efectiva. Nonaka y Takeuchi[5] lo definen como la capacidad de una organización para crear nuevo conocimiento, diseminarlo y expresarlo en productos, servicios y sistemas.

Lopez y Meroño[6] describen la intervención de la cultura organizacional como un factor importante al momento de gestionar el conocimiento, porque determina los valores, creencias y sistemas de trabajo que podrían alentar o impedir la creación y el intercambio del conocimiento y, en última instancia la toma de decisiones. Consecuentemente, una cultura organizacional debe proporcionar apoyo e incentivos, así como fomentar las actividades relacionadas con el conocimiento mediante la creación de entornos para intercambio del mismo. Una cultura efectiva incluye normas y prácticas que promueven el libre flujo de información entre las personas y los diferentes departamentos de una

organización [7], desafía a las personas a compartir el conocimiento en toda la organización [8], valora la creatividad, mejora continua y recompensa [9] y alienta la aplicación y desarrollo del conocimiento dentro de la organización [8].

Es importante considerar que las condiciones actuales del mercado, exigen a las empresas mejorar sus ventajas competitivas para sobrevivir en el mediano y largo plazo, lo que implica analizar como aprenden e interiorizan los conocimientos para desarrollar estrategias que potencialicen sus capacidades[10]. Porter[11] indica que la estrategia competitiva implica ser diferente, contemplando el conjunto de decisiones fundamentales que permiten a la empresa determinar los lineamientos esenciales que la proyectan hacia el futuro en el largo plazo y su esencia radica en la decisión de realizar las actividades de manera distinta que sus rivales. Además, manifiesta que “la única ventaja competitiva sostenible es la innovación permanente”[12].

El término competitividad puede definirse como la capacidad que una organización posee para mantener o incrementar su participación en el mercado basada en nuevas estrategias, en un crecimiento continuo de la productividad, en la capacidad inter-empresarial de negociación en un ambiente competitivo determinado por el sector y el mercado de los consumidores, así como en políticas introducidas por los gobiernos nacionales y alianzas económicas regionales [13],[14].

En el actual contexto competitivo, globalizado y cambiante, el diseño y generación de modelos de negocios se encuentran en constante cambio debido a fuerzas económicas, sociales, de mercado y tecnológicas, forzando a las organizaciones a realizar ajustes con el claro objetivo de obtener una ventaja competitiva. Este nuevo entorno económico exige a las empresas a implementar estrategias que le permitan mejorar sus niveles de competitividad. La certificación internacional en sistemas de gestión de calidad se considera clave para permanecer en el mercado, ya que retener y obtener una mayor lealtad de los clientes y proporcionar una base para la mejora continua es un reto relevante para las organizaciones y una exigencia del mercado, por lo que se considera de gran importancia impulsar el desarrollo de estrategias que permitan la generación de conocimiento y capacitación en los procesos de gestión y certificación de calidad [15], [16].

Cuando las organizaciones implementan un sistema de gestión de la calidad, se enfrentan a múltiples dificultades que pueden convertirse en un impedimento para alcanzar el éxito en la implementación de un sistema de calidad. Esto ha llevado a que las empresas realicen grandes esfuerzos en la búsqueda de soluciones prácticas y efectivas, por lo que la implementación de actividades relativas a la creación, almacenamiento, transferencia y aplicación del conocimiento en las organizaciones surge como una posible solución a las dificultades adquiridas en el proceso de implementación de un sistema de gestión de calidad, proporcionando herramientas útiles para la adquisición de las características de una cultura madura que permitan evitar las dificultades en la aplicación de los programas orientados por la filosofía de la gestión de calidad[17].

3 Antecedentes y descripción del problema

El estudio empírico se aplica a una empresa de metalmecánica que antela exigencia de uno de los principales clientes y con el objetivo de obtener una ventaja competitiva en su ramo, ha decidido implementar el sistema de gestión de calidad y conseguir la certificación ISO-9000:2008 en el presente año. Sin embargo, la gerencia reconoce que las condiciones actuales representan un riesgo para que la implementación sea efectiva en el tiempo deseado.

La gerencia reconoce que para la implementación de un sistema gestión de calidad, es indispensable la participación de directivos, mandos medios y trabajadores; donde las distintas áreas de la empresa tienen actividades y procesos específicos que buscan agregar valor a los productos, los procesos están encadenados y relacionados entre sí, pero la información y el conocimiento que manejan no está diseminado en la empresa, principalmente por problemas de comunicación entre las áreas, resistencia a capturar el conocimiento o a nuevas formas de realizar las actividades, rotación de personal con conocimiento clave, entre otros obstáculos que afectan o entorpecen el proceso de implementación efectiva de dicho sistema.

En la empresa bajo estudio, cuando las personas capacitadas para dirigir el proceso de implementación del sistema de gestión de calidad y otros procesos claves, terminan su relación laboral sin haber aplicado significativamente el conocimiento adquirido, dejan un hueco de conocimiento que afecta el desempeño de la empresa, además las personas en los diferentes departamentos actúan en base a sus experiencias y los procedimientos implementados no consideran la interrelación o dependencia entre áreas como factor clave del desempeño productivo y mejora de la calidad de los productos, al mismo tiempo existe duplicidad en documentación y escasez en interacción interpersonal que permita crear nuevo conocimiento que facilite el trabajo y mejora de la toma de decisiones.

4 Propuesta de solución

Se busca implementar actividades relativas a la creación, almacenamiento, transferencia y aplicación del conocimiento, así como técnicas que permitan generar condiciones propicias para la implementación del sistema de gestión de calidad y fortalecer la cultura de la organización. Las acciones se concentrarán en las áreas de calidad e ingeniería por ser las más afectadas, sin embargo podrán replicarse al resto de las áreas de la organización.



Figura 1. Modelo conceptual de la propuesta planteada (elaboración propia).

5 Resultados y beneficios esperados

Implementar actividades y técnicas referentes a la gestión del conocimiento, proporcionarán condiciones apropiadas para crear, almacenar, transferir y aplicar conocimiento que impactará positivamente la cultura organizacional, minimizará el impacto por la rotación de personal, fomentará el trabajo en equipo y la comunicación entre las distintas áreas de la empresa. Se espera que al mejorar la interacción interpersonal se armonice el conocimiento existente y se obtengan mejores resultados. Al fortalecer la cultura organizacional, se motiva a los empleados a participar con sus aportaciones y se espera una mejora en el ambiente de trabajo y se fortalezca la ventaja competitiva de la empresa.

6 Conclusiones

En el actual contexto competitivo, globalizado y cambiante las organizaciones se ven forzadas a buscar una ventaja competitiva que les permita asegurar su supervivencia. Esta búsqueda ha permitido valorar la importancia de gestionar adecuadamente el conocimiento, así como su relación con el fortalecimiento de la cultura organizacional y la capacidad que representa para una organización al permitir adoptar con mayor facilidad otras estrategias de mejora, las actividades que se implementan para lograr la certificación en calidad, servirán para fortalecer el desempeño organizacional.

Referencias

1. Durst, S., Runar I.: "Knowledge management in SMEs: a literature review", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 16 Iss: 6 pp. 879 – 903 (2012).
2. Bagnoli, C. y Vedovato, M.: The impact of knowledge management and strategy configuration coherence on SME performance. *Journal of Management & Governance*, 18, 615–647 (2012).
3. Mehrdad, H., Seyedeh Faezeh Sadati Seyed, M.: 'Effect of Knowledge Management on Success of Customer Relationship Management in EghtesadNovin Bank of Tehran',

- International Journal Of Business Management & Economic Research, 4, 6, pp. 839-848 (2013).
4. Dalkir, K.: Knowledge management in theory and practice, Second Edition, USA: The MIT Press (2011).
 5. Nonaka, I., Takeuchi, H.: La organización creadora de conocimiento. México D.F. Oxford University Press (1999).
 6. Lopez-Nicolas, Meroño-Cerdán: The impact of organizational culture on the use of ICT for knowledge management, Journal Electronic Markets, Vol 19:6, pp. 211-219 (2009).
 7. DeTienne, K., Dyer, G., Hoopes, C., Harris, S.: Toward a model of effective knowledge management and directions for future research: Culture, Leadership and CKO's. Journal of Leadership & Organizational Studies, 10, 4, pp26-43 (2004).
 8. Moffett, S., McAdam, R., Parkinson, S.: Developing a model for technology and cultural factors in knowledge management. Knowledge and Process Management, 9, 4, pp 237-255 (2002).
 9. Hislop, D.: Linking human resources management and knowledge management via commitment. Employee Relations, 25, 2, pp 182-202 (2003).
 10. Porter, M., Millar, V.: How information gives you competitive advantage. Harvard Business Review, 63(4), 149-160 (1985).
 11. Porter, M., Siggelkow, N.: Contextuality Within Activity Systems and Sustainability of Competitive Advantage. Academy Of Management Perspectives, 22(2), 34-56 (2008).
 12. Porter, M.: Ventaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior. 3ª. Edición. México: CECSA Becquerel, A.E. (1839) ComtRend. Academie d. Sciences, 9, p. 561(2004).
 13. Solleiro, J., Castañón, R.: Competitiveness and innovation systems: the challenges for Mexico's insertion in the global context. Technovation, 45 (2005), 1059-1070 (2005).
 14. Rubio, A., Aragón, A.: Competitividad y recursos estratégicos en la Pyme. Revista de empresa, 17, 32-47 (2006).
 15. Bribiescas, F., Romero, I.: Gestión de certificación de calidad como factor de competitividad en el sector industrial de manufactura, en la región transfronteriza Cd. Juarez, Chih., México-El Paso, Texas, USA. [13] Trillo, S. y Torruellas, W.E. (2001) Spatial Solitons (2014).
 16. Saavedra, M.: 'Una propuesta para la determinación de la competitividad en la pyme latinoamericana. (Spanish)', Pensamiento & Gestión, 33, pp. 93-124 (2012).
 17. De la hoz, J., Carrillo, E., Gómez, L.: 'Gestión de la calidad y del conocimiento: dos enfoques complementarios. (Spanish)', Ad-Minister, 21, pp. 71-85 (2012).

Usabilidad del Sistema de Gestión de Conocimiento en una Consultoría

Alonso Perez-Soltero¹, José Miguel Lauterio Martínez¹, Gerardo Sanchez-Schmitz¹, Mario Barceló-Valenzuela, Ramón Andrés Díaz-Valladares², Heriberto Aja Leyva³

¹Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial,
Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
aperez@industrial.uson.mx, jmlauterio@gmail.com

²Universidad de Montemorelos, Dirección de Investigación e Innovación
Montemorelos, N.L., México
rdiaz@um.edu.mx

³KM Solución, Hermosillo, Sonora, México.
heriberto.aja@kmsolucion.com

Resumen. En la actualidad el hacer uso de la gestión de conocimiento en una organización, provee de una ventaja competitiva, además de que el conocimiento es tratado como un activo dentro de la organización. Para esto, el uso de los sistemas de gestión de conocimiento, que son empleados para llevar la gran actividad misma del conocimiento. Este sistema de información sirve como apoyo y guía en las actividades del conocimiento dentro de la organización. Esta herramienta tecnológica tiene como objetivo gestionar el conocimiento y los usuarios, por lo que el sistema deberá considerar la usabilidad para aprovechar al máximo su uso, mediante técnicas y evaluaciones de usabilidad aplicadas al sistema de gestión de conocimiento de la consultoría y mejorar al sistema de gestión del conocimiento contemplando aspectos de usabilidad, para facilitar la interacción del usuario con los recursos de conocimiento e incrementar la satisfacción y efectividad del sistema.

Palabras clave: conocimiento, sistemas de gestión de conocimiento, usabilidad, sistemas de información

1 Introducción

Un Sistema de Gestión de Conocimiento (SGC), es un sistema de tecnologías de la información y comunicación en sentido de sistema de aplicación que combina e integra

Alonso Pérez-Soltero, José Miguel Lauterio Martínez, Gerardo Shancez-Schmitz, Mario Barcelo-Valenzuela, Ramón Andrés Díaz-Valladares, Heriberto Aja Leyva, *Usabilidad del Sistema de Gestión de Conocimiento en una Consultoría*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 146-151, 2014.

funciones para contextualizar el manejo de conocimiento explícito y tácito, a través de la organización o la parte de la organización en la que se enfoca la iniciativa de la gestión del conocimiento (GC)[1].

La usabilidad trata con técnicas y métodos de evaluación que se emplean para medir aspectos que definen el uso de un sistema, el poder emplear y utilizar al máximo el sistema llevara el éxito del mismo. Con el fin de dar una respuesta rápida en sus servicios de consultoría, la empresa implementa un SGC, para gestionar la información de los procesos claves, de manera que puedan ser documentadas todas aquellas técnicas utilizadas por los consultores de KM Solución; evitando así la pérdida de conocimiento para la resolución de problemas similares. En la sección 2 presenta los conceptos de gestión de conocimiento y los SGC, además de la usabilidad; en la sección 3 se expone la problemática. En la sección 4 se presenta una propuesta de solución, en la sección 5 se encuentran los resultados y beneficios esperados y por último, en la sección 6 se encuentran las conclusiones.

2 Marco Teórico

La habilidad para manejar el conocimiento es crucial en la economía actual, su creación y difusión se ha convertido en un factor importante para el crecimiento de la competitividad empresarial [2]. Los SGC ayudan a manejar el conocimiento con el uso de las tecnologías de la información y la usabilidad permite que estos sistemas sean fáciles de utilizar. A continuación ambos conceptos se desarrollan más ampliamente.

2.1 Gestión del Conocimiento

La GC se define como un proceso de aplicación sistemático para la captura, estructura, gestión y difusión del conocimiento que se genera en la organización, con el fin de hacer más eficientes los procesos de la misma, mejorar las prácticas de reutilización y reducir costos derivados del rediseño de los proyectos [3].

La gestión del conocimiento es la coordinación deliberada y sistemática de las personas de una organización, la tecnología, los procesos y la estructura organizativa con el fin de añadir valor a través de la reutilización y la innovación. Esta coordinación se logra a través de la creación, el intercambio y la aplicación de conocimientos, así como a través de la alimentación de las valiosas lecciones aprendidas y las mejores prácticas en la memoria corporativa con el fin de fomentar el aprendizaje continuo de la organización [2]. Los conceptos de GC han sido reconocidos por numerosos autores como un factor determinante de la innovación [4].

La codificación del conocimiento de la organización es necesaria para gestionar efectivamente los flujos del conocimiento, y existe una relación positiva entre la codificación y el desempeño. Cuando las organizaciones codifican su conocimiento, lo empaquetan en formatos que facilitan la transferencia del conocimiento [5].

2.2 Sistemas de Gestión del Conocimiento

Abdullah et al. [6] comentan que el SGC es una de las defensas más críticas para transformar fuentes de conocimiento a capital intelectual como ventaja competitiva en la organización. La velocidad, flexibilidad y eficiencia son importantes dentro de la aplicación y el desarrollo del conocimiento. También es importante tener lo mejor del conocimiento, en el lugar preciso y en el tiempo correcto, así como a un mínimo costo. La arquitectura del SGC es una cuestión fundamental en el área de la GC, la cual debe ser bien resuelta para ofrecer servicios a los usuarios; así como a la organización.

Maier[1] comenta que las perspectivas de los SGC son una analogía propuesta entre el proceso de la información de la organización y el humano. Un SGC es un sistema de tecnologías de la información y comunicación en sentido de sistema de aplicación que combina e integra funciones para contextualizar el manejo de conocimiento explícito y tácito, a través de la organización o la parte de la organización en la que se enfoca la iniciativa de la GC. Los SGC ofrecen servicios integrados para desplegar instrumentos de GC a participantes en red como trabajadores del conocimiento activo en procesos del negocio con conocimiento intensivo en todo lo largo del ciclo de GC. También propone un modelo de éxito para el SGC, basado en el modelo de DeLone y McLean.

2.3 Usabilidad

La ISO 9241-11:1998 [7] define a la usabilidad como: “La medida con la que un producto se puede usar por usuarios determinados para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso concreto”.

Reiss[8] comenta que la “usabilidad” trata con la habilidad del individuo para realizar tareas específicas o alcanzar objetivos más amplios.

Chou et al. [9] mencionan que la usabilidad mide el sentimiento del usuario en qué tan fácil, eficiente y satisfecho está con las actividades de la GC. Esta dimensión muestra si las actividades de la GC de las organizaciones se implementan con efectividad y puede ser percibida por sus empleados y no solo poner una meta o una estrategia.

Nielsen [10] comenta que la usabilidad es típicamente medida a través de usuarios de prueba que usan el sistema para mejorar una serie de tareas pre-especificadas. Una técnica de usabilidad que propone es la evaluación heurística. Además, describe algunos atributos de la usabilidad:

Facilidad de aprendizaje: el sistema deberá ser fácil de aprender, para que el usuario pueda rápidamente usarlo.

Eficiencia: el sistema debe ser eficiente para usar, para que después de aprender a utilizarlo, se pueda tener un alto grado de productividad.

Fácil de memorizar: El sistema debe ser fácil para recordar, para que el usuario casual sea capaz de regresar al sistema después de largos periodos de no utilizarlo, sin tener que aprender todo de nuevo.

Errores: el sistema deberá tener una cantidad baja del rango de errores.

Satisfacción: el sistema debe ser agradable de usar, para que los usuarios estén subjetivamente satisfechos cuando lo utilizan; tendrá que gustarles.

3 Descripción del problema

La empresa KM Solución es una firma de especialistas que ofrece soluciones a las empresas con el propósito de alinear el talento del personal, los procesos del negocio, sus productos y servicios, los cuales tienen como principal función impactar positivamente en los resultados de la empresa.

Entre los problemas que enfrenta KM Solución se encuentran: el SGC no cuenta con una percepción de usabilidad aceptable por parte de los empleados, es decir, les resulta un sistema muy ineficiente y existe mucha insatisfacción del usuario en su utilización, los usuarios mencionan que les resulta difícil aprender a utilizar el sistema, además de que notan errores en el contenido.

Mediante visitas, entrevistas, observaciones de las interacciones de los usuarios con el SGC se puede percibir lo siguiente: a) insatisfacción: existe una actitud negativa hacia el uso del sistema. b) Errores: el contenido cuenta con errores en la presentación de la información, entre otros. c) Ineficiencia del uso del SGC, no existe una facilidad de uso. Por lo cual requiere de técnicas que ayuden a mejorar la usabilidad del sistema.

4 Propuesta de solución

Con base en lo anterior y dado que el SGC de KM Solución carece de técnicas y métodos de usabilidad, estas serán aplicadas al sistema con el fin de mejorar la usabilidad. Dado que el SGC de KM Solución contiene todo el conocimiento de la empresa el aplicar estas técnicas permitirá que el flujo de conocimiento sea mejor en todos los niveles de la organización.

El proyecto contempla el diseño e implementación de técnicas de usabilidad aplicadas al SGC y la mejora continua del mismo sistema.

En la figura 1 se muestra la propuesta de una metodología para la aplicación de la usabilidad al SGC. La etapa 1 consta de una evaluación heurística de todo el sistema con el fin de determinar si cada uno de sus elementos se adhiere o no a los principios de usabilidad. La etapa 2 es la aplicación de los resultados de la prueba heurística. La etapa 3 pretende emplear otras técnicas de usabilidad incluyendo las descritas en la ISO y ANSI y otras pruebas de diversos autores. La etapa 4 consta del análisis del SGC basado en el método de DeLone/McLean propuesto por Maier [1] para conocer el éxito del SGC para la empresa.



Figura 1. Propuesta de Metodología para aplicar la usabilidad a un SGC.

5 Resultados y beneficios esperados.

El proyecto de investigación generara como resultado una metodología para aplicar la usabilidad a un SGC, dando como resultado un sistema de gestión del conocimiento que tenga éxito en su utilización y aplicación.

Se espera que con la aplicación de la usabilidad al SGC todos los usuarios del mismo se sientan satisfechos y sobre todo productivos al utilizar el sistema.

Para KM Solución el contar con SGC que contemple aspectos de usabilidad podrá ser beneficioso, sobre todo que los empleados de la organización podrán ser más productivos, habrá una mejor colaboración entre estos, y el periodo de capacitación podrá verse minimizado en el tiempo que actualmente requiere.

También es importante que para la empresa al ofrecer servicios de GC ellos podrán ofrecerles un sistema usable y con lo cual los clientes se sentirán beneficiados en el uso y manejo del conocimiento.

En general, El desarrollo del estudio podrá brindar a la organización los beneficios de la usabilidad en el SGC, dando una ventaja y satisfacción a sus empleados y clientes e incrementar la capacidad del uso y adquisición de la información en la organización. Así mismo, mejorará el flujo del conocimiento de la empresa reduciendo tiempo en la codificación y transferencia del conocimiento. Otro de los beneficios es que al contar con un SGC usable se podrá aumentar el desempeño de la empresa.

6 Conclusiones

La utilización de técnicas y métodos de usabilidad apoyan a que los sistemas sean más fáciles de utilizar, y el hecho de contar con SGC que sea fácil de usar, permite que el uso del conocimiento sea más agradable, e incluso esté al alcance de aquellos que requieren dicho conocimiento almacenado en el sistema. Así que, el poder logra acercar el conocimiento al usuario genera resultados muy buenos.

Referencias

1. Maier, Ronald.: Knowledge Management Systems: Information and Communication Technologies for Knowledge Management. 3rd ed., 86 New York. Springer - Verlag Berlin Heidelberg (2007)
2. Dalkir, K.: Knowledge Management in Theory and Practice. 2 ed. Massachusetts: MIT Press (2011)
3. Nonaka, L, Takeuchi, H.: The Knowledge creating company, Oxford University Press, New (1995)
4. Lee V., Leong, L., Hew, T Ooi, H.: Knowledge management: a key determinant in advancing technological innovation?, Journal of Knowledge Management, 17 , 6 , 848-872, Q Emerald Group Publishing Limited (2013)
5. Schulz, M, y Jobe, L.: Codification and tacitness as knowledge management strategies: An empirical exploration', *Journal Of High Technology Management Research*, 12, 1, 139 (2001)
6. Abdullah, R., Selamat, M.H., Sahibudin, S. y Alias, R.S: A framework for knowledge management system implementation in collaborative environment for higher learning institution', *Journal of Knowledge Management Practice* (2005)
7. ISO 9241: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) Part 11: Guidance on usability. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardisation (1998)
8. Reiss, E.: Usable Usability: Simple steps for making stuff better. Indianapolis: John Wiley and Sons, Inc. Ch. 1 (2012)
9. Chou, T, Chang, P, Cheng, Y, y Tsai, C.:A path model linking organizational knowledge attributes, information processing capabilities, and perceived usability', *Information & Management*, 44, 4, 408-417 (2007)
10. Nielsen, J.: Usability Engineering. San Francisco: Morgan Kauffman, Academic Press. p. 26 (1993)

Sistema para Transferir el Conocimiento: Propuesta para una Empresa Distribuidora de Medicamentos

Mario Barcelo-Valenzuela, Patricia S. Carrillo-Villafaña, Alonso Perez-Soltero,
Gerardo Sanchez-Schmitz

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial,
Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
mbarcelo@industrial.uson.mx, shihemy@gmail.com,
aperez@industrial.uson.mx, gsanchez@industrial.uson.mx

Resumen. Las organizaciones reconocen que el conocimiento es uno de los recursos estratégicos más valiosos. El conocimiento permite a las personas dentro de la empresa el realizar sus tareas de manera eficiente, mejorar su productividad y alcanzar las metas organizacionales que la compañía les plantee, especialmente cuando de objetivos de ventas se trata. Es por ello que se presenta una propuesta de desarrollo de un sistema para gestionar el conocimiento dentro de una empresa distribuidora de medicamentos nacional, que les permitirá transferir el conocimiento en los departamentos clave para la comercialización.

Palabras clave: Conocimiento organizacional, transferencia de conocimiento, sistema de gestión del conocimiento.

1 Introducción

Desde hace tiempo, el conocimiento ha emergido como un concepto importante en los debates de negocios, por ello, las organizaciones han comenzado a reconocerlo como uno de los recursos estratégicos más valiosos; su manejo efectivo debe ser coherente y basarse en la estrategia que la empresa establezca [1], esto corresponde al trabajo en conjunto entre las personas encargadas de la estrategia y del personal responsable de la gestión de conocimiento.

Debido a que el conocimiento es sustancialmente colaborativo, es necesario hacer uso de diversas tecnologías como herramientas de soporte para el manejo del conocimiento [2], en las empresas que proporcionan servicios profesionales, la supervivencia depende de explotar las habilidades y conocimiento de sus empleados [3], y son los sistemas de gestión del conocimiento los que ayudan a compartir y crear el conocimiento.

Mario Barcelo-Valenzuela, Patricia S. Carrillo-Villafaña, Alonso Perez-Soltero, Gerardo Sanchez-Schmitz, *Sistema para Transferir el Conocimiento: Propuesta para una Empresa Distribuidora de Medicamentos*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, Germán-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 152-157, 2014.

El documento en la sección 2 presenta los conceptos generales sobre el conocimiento, su transferencia y una breve revisión de estudios previos, en la sección 3 se expone la problemática que se pretende resolver, posteriormente en la sección 4 se plantea la propuesta, en la 5 se da un bosquejo de los resultados esperados y en la última sección se presentan las conclusiones.

2 Marco teórico.

El principal objetivo de la gestión del conocimiento es transformarlo de individual a colectivo [4], es por ello que se requiere de una serie de comportamientos que ayuden a realizar este intercambio; existen estudios que aplicando la teoría de Acción Razonada, intentaron establecer y probar que “Mientras más extensa sea la red social de los miembros dentro de la organización, es más favorable la actitud de compartir información y, mientras más grandes sean los objetivos compartidos dentro de las organizaciones, las personas también estarán más predispuestas a compartir su conocimiento”, los resultados muestran que el éxito depende de la combinación de iniciativa y liderazgo; las recompensas extrínsecas, relaciones recíprocas anticipadas, el sentido de autoestima y el clima organizacional, son factores que motivan el compartir el conocimiento. Wong et al. [5] sugieren que el establecer una relación positiva a largo plazo con los empleados, permite generar conocimiento organizacional, es decir, se obtiene y se comparte el conocimiento.

Por la importancia que representa el conocimiento, el aprendizaje organizacional que se genera y las formas correctas de compartirlo entre los departamentos y locaciones se convierte en una tarea sumamente importante, especialmente dentro de sistemas organizacionales complejos [6]; la capacidad para intercambiar experiencias e información dentro y a través de los límites departamentales, organizacionales y geográficos constituye un conocimiento valioso, por otra parte, la habilidad para aprender de los errores mejorará dependiendo de la eficiencia de los procesos de intercambio del conocimiento entre los trabajadores de una empresa que deben compartir su conocimiento [4][7]; pero, debido a que el conocimiento se genera y almacena por los mismos empleados, muchas veces se pueden presentar barreras para transmitirlo como pueden ser el lenguaje, el filtrado, las diferentes percepciones, la distancia física y/o la estructura de la organización [8].

Un factor determinante para el éxito de las iniciativas de manejo del conocimiento es la apertura que presenta el recurso humano dentro de la organización [9]. Renzl [10] expone que el nivel en el cual los individuos integrantes de la empresa compartirán su conocimiento, responde a la confianza que ella les inspire, el reto se encuentra en la habilidad que tenga la organización para crear, transferir, organizar, compartir y aplicar el conocimiento; según Mearns [11] la capacidad que está enlazada a la cultura organizacional y la habilidad para utilizar los recursos informacionales e intelectuales están relacionados directamente con la transferencia libre del conocimiento entre los departamentos de una organización.

154 Mario Barcelo-Valenzuela, Patricia S. Carrillo-Villafaña, Alonso Perez-Soltero, Gerardo Sanchez-Schmitz

Los estudios muestran que la transferencia del conocimiento, aunada a otros factores, es determinante para llegar a tener éxito, pero también es sumamente importante determinar cuál es el conocimiento que debe transferirse entre los departamentos para que se dé la eficiencia de los procesos.

3 Descripción del problema

La empresa relacionada con la problemática, es una empresa con 22 años dentro de la distribución de medicamentos y ha estado en crecimiento continuo conforme a las necesidades que se le han presentado, manteniendo en varios casos los procedimientos de sus inicios, lo que actualmente representa un problema operacional que afecta especialmente al área de comercialización.

El flujo de conocimiento e información se realiza de manera poco eficiente entre los departamentos involucrados directamente a la comercialización, se ignora cuál es el conocimiento que se debe transmitir; aunque los departamentos cuentan con medios de comunicación como correo electrónico, vía telefónica o interacción directa entre trabajadores, se siguen presentando problemas imputables a la transmisión de conocimiento e información relevante entre departamentos.

Es muy común escuchar al personal decir "es que no sabía la forma en la que se quería el reporte que pediste" o "no comprendí que era lo que necesitabas" incluso "esa tarea era antes realizada por x persona, y ahora que ya no trabaja aquí nadie la realiza", estas son algunas confusiones en cuanto a lo que realmente se necesita, ya que en su momento no se realizó la transferencia correcta del conocimiento.

Es por ello que el problema se relaciona con la forma de divulgar el conocimiento de forma apropiada y en tiempo, ya que esto, desencadena una serie de situaciones que traen consigo problemas de pérdida de tiempo, información errónea o incompleta y retrasos en embarques de mercancías entre otros.

4 Propuesta de solución.

La propuesta que al momento se considera es el desarrollo de un sistema de 4 fases que permita hacer más eficiente la transferencia del conocimiento entre los departamentos relacionados con el área de comercialización de la empresa (figura 1).

Debido a que la comercialización implica el trabajo de varios departamentos, donde cada uno de ellos cuenta con tareas y conocimientos específicos con labores relacionadas entre sí, es necesario conocer cuál es el conocimiento que los diferentes departamentos requieren, así como realizar la evaluación de cómo el conocimiento fluye entre ellos de una manera más eficaz y en el menor tiempo posible.

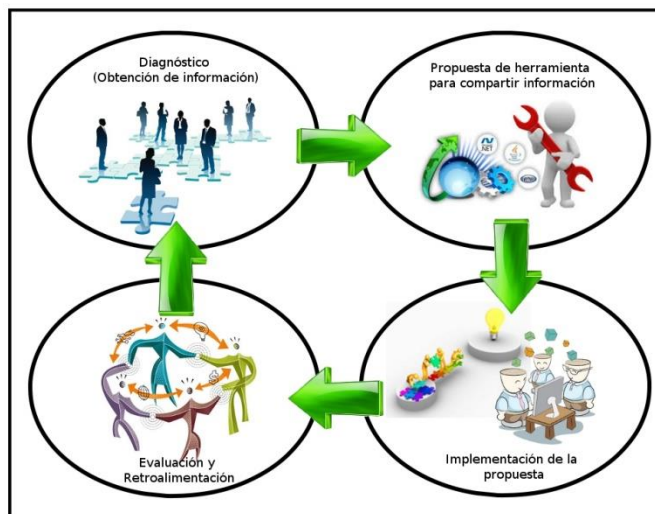


Figura 1. Modelo conceptual de la propuesta (elaboración propia)

En la fase 1 se realizará el diagnóstico de la forma en la que se transfiere el conocimiento actualmente para determinar los cuellos de botella y las oportunidades en el proceso actual.

En la siguiente fase, se llevará a cabo una revisión literaria de los modelos y herramientas de gestión de conocimiento que podrían adecuarse para solucionar la problemática de la organización.

La 3ra fase se relaciona con la propuesta de implementación en donde se aplicará la herramienta seleccionada en las áreas involucradas.

La última fase concierne a la evaluación y retroalimentación de la propuesta, que permitirá determinar el alcance real y las mejoras que se obtengan con el uso de las herramientas seleccionadas.

5 Resultados y beneficios esperados.

Por la naturaleza de las actividades dentro de cada uno de los departamentos y la necesidad de tener el conocimiento que cada uno requiere en tiempo y forma, se tiene la apertura por parte de dirección de apoyar la iniciativa propuesta, ya que se espera poner a disposición el conocimiento relevante de los distintos procesos para las áreas que lo requieren, se pretende mejorar la eficiencia del trabajo en los departamentos al evitar los tiempos de retrabajo y, con la iniciativa propuesta, se pueda ofrecer un mejor servicio para obtener nuevos clientes y mantener a los ya existentes.

Los beneficiados serán los departamentos que trabajan directamente en el área de comercialización, ya que se espera que el sistema les permita realizar más eficientemente su trabajo, con lo que lograrán cumplir con los objetivos organizacionales de la empresa.

6 Conclusiones.

La empresa le está dando una gran importancia al conocimiento, al reconocerlo como un recurso estratégico de gran importancia, ya que este conocimiento debe fluir dentro de los diversos procesos para con ello facilitar el trabajo de las personas que laboran en la misma.

El uso de un sistema que les permita tener disponible el conocimiento que requieran, sin la necesidad de identificar y decodificar el mismo, aumentará el tiempo disponible para las tareas de comercialización que son claves para la sobrevivencia de la empresa, y adicionalmente les permitirá conocer más a fondo los procesos que se siguen en la comercialización.

Referencias

1. Bagnoli, C., Vendovato, M.: The impact of knowledge management and strategy configuration coherence on SME performance. *J. Manag. Gov.* 18, 615–647 (2012)
2. Jones, P.M., Ph, D.: Collaborative Knowledge Management , Social Networks , and Organizational Learning. *Syst. Soc. Int. Des. Asp. Human-Computer Interact.* 2, 306–309 (2001)
3. Criscuolo, P., Salter, A., Sheehan, T.: Making knowledge visible: Using expert yellow pages to map capabilities in professional services firms. *Res. Policy.* 36, 1603–1619 (2007)
4. Chow, W.S., Chan, L.S.: Information & Management Social network , social trust and shared goals in organizational knowledge sharing. *Inf. Manag.* 45, 458–465 (2008)
5. Wong, C.-S., Wong, I., Hui, C., Law, K.S.: The significant role of Chinese employees' organizational commitment: implications for managing employees in Chinese societies. *J. World Bus.* 36, 326–340, (2001)
6. Nesheim, T., Gressgård, L.J.: Knowledge sharing in a complex organization: Antecedents and safety effects. *Saf. Sci.*, 62, 28–36, (2014)
7. Dalkir, K.: Knowledge Management in Theory and Practice, 2da Edición. MIT Press, (2013)
8. Sanchez-de-Gallardo, M., Nava-Romero, M., Zulia, E., Sistemas y barreras de la comunicación en institutos universitarios tecnológicos del municipio Cabimas, Estado Zulia, Venezuela. *Enlace Rev. Venez. Inf. Tecnol. y Conoc.* 4, 71–92, (2007)
9. Wang, S., Noe, R.a.: Knowledge sharing: A review and directions for future research. *Hum. Resour. Manag.* 2, 115–131 (2010)
10. Renzl, B.: Trust in management and knowledge sharing: The mediating effects of fear and knowledge documentation. *Omega*, 36, 2, 206–220 (2008)

11. Mearns, M.: Knowing what knowledge to share: Collaboration for community, research and wildlife. *Expert Syst. Appl.*, 39, 9892–9898 (2012)

Propuesta de una Metodología para la Identificación del Conocimiento para la Asignación de Personal a Proyectos de Investigación de una Empresa Farmacéutica

Alonso Perez-Soltero, Javier Enrique Grijalva-García, Mario Barceló-Valenzuela

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

Resumen. Hoy en día, el conocimiento ha sido reconocido como una fuente importante de ventajas competitivas y de creación de valor para las organizaciones. La propuesta presentada en este trabajo, va orientada a una empresa farmacéutica que realiza proyectos de investigación y que necesita empleados con las capacidades necesarias para desarrollarlos. Esto se le dificulta pues el proceso de asignación de personal a proyectos de investigación no cuenta con el suficiente conocimiento para realizar una asignación eficiente. El objetivo del artículo es proponer una metodología que permita identificar el conocimiento clave del personal para que esté disponible a los encargados de asignación de personal para proyectos de investigación. Un primer acercamiento conceptual, basado en una revisión bibliográfica, permite proponer una solución base enfocada en 5 fases principales interconectadas entre ellas.

Palabras clave: Gestión del conocimiento, identificación del conocimiento, conocimiento clave, asignación de personal

1 Introducción

Hoy en día, el conocimiento ha sido reconocido como una fuente importante de ventajas competitivas y de creación de valor para la organización y como un ingrediente indispensable para el desarrollo de competencias dinámicas, generalmente, como un factor determinante para organizaciones con ambiciones globales [1]. Entre varios recursos disponibles en la compañía, el conocimiento es el recurso más valorado porque engloba las mejores prácticas, rutinas, lecciones aprendidas, métodos de solución de problemas y procesos creativos que usualmente son difíciles de imitar [2].

Alonso Perez-Soltero, Javier Enrique Grijalva-García, Mario Barceló-Valenzuela, Sistema para Transferir el Conocimiento: *Propuesta de una Metodología para la Identificación del Conocimiento para la Asignación de Personal a Proyectos de Investigación de una Empresa Farmacéutica*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Germán-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 158-163, 2014.

Dado que de nada sirve tener ese conocimiento, si no se tiene bien identificado, este documento presenta una estrategia que se espera desarrollar e implementar en el área de Recursos Humanos de una empresa farmacéutica que realiza proyectos de investigación. Dicha estrategia tiene como objetivo identificar el conocimiento clave con el que cuentan los empleados de los departamentos de la organización y ponerlo a disposición de ésta, siendo los principales beneficiados los encargados de asignar personal a los proyectos.

El documento se constituye de la siguiente manera: primeramente se definirán los conceptos relacionados a la gestión del conocimiento, posteriormente se presentará la problemática existente en la organización, subsecuente a estose presentan la propuesta de solución y sus posibles beneficios, y para finalizar se expresan las conclusiones. Todo esto se presenta a continuación.

2 Conceptos Generales

En este apartado se presentan las definiciones de los conceptos de gestión del conocimiento (GC), identificación del conocimiento y la gestión del conocimiento en los recursos humano.

La Gestión del Conocimiento (GC) es la creación y la subsecuente administración de un ambiente en cual provea de herramientas para la creación, compartición, organización y utilización del conocimiento para el beneficio de la organización y de sus clientes [3]. Macías y Aguilera [4] determinan que la GC es el conjunto de prácticas relacionadas con la generación, identificación, captura, diseminación y aplicación del conocimiento relevante para la organización.

Chen y Huang [5] consideran que la GC como un hecho importante, pues es lo que permite a las organizaciones gestionar correctamente su conocimiento para crear ventajas competitivas a largo plazo y, con su implementación, provee a la organización las capacidades dinámicas para promover la calidad y cantidad de conocimiento.

Como lo menciona Kim, Hong y Suh [6], el propósito de la GC es maximizar la utilización del conocimiento de la organización y ganar una ventaja competitiva en relación a sus competidores. Pero Pérez-Montoro [7] detalla que la operación crítica de cuya ejecución depende en gran parte el éxito de un programa de GC es la identificación del conocimiento.

La identificación del conocimiento es uno de los procesos clave de la GC, sin embargo, no todos los autores abordan el tema puesto que lo consideran evidente. Es importante destacar que sin un análisis previo del estado del conocimiento organizacional y el entorno, el proceso no resulta eficiente [8].

Dentro de una organización, el conocimiento debe de siempre estar a disposición de todas las personas que trabajan en ella, esto con el fin de utilizarlo de la manera que más les convenga. Es por esto que Wakefield [9] describió que la identificación de los empleados con conocimiento relevante ayudan a mejorar la transferencia de ese conocimiento, puesto que se sabe quién lo posee.

Las prácticas de Recursos Humanos son los medios primarios por los cuales la organización puede influenciar y moldear las habilidades, aptitudes y comportamientos de los individuos para hacer su trabajo alcanzar las practicas organizacionales [10]. Estos autores mencionan que el conocimiento está arraigado al capital humano y las organizaciones no pueden fácilmente transferir el conocimiento entre individuos.

Har et al. [11] mencionan que el conocimiento es reconocido como uno de los elementos mas importantes que se debe aplicar a las actividades diarias del empleado y aunque el conocimiento es visto como un activo estratégico para el éxito de la organización, un correcto manejo del conocimiento individual puede ser una herramienta poderosa para facilitar la transformación de este conocimiento a ventajas competitivas.

El estudio de Wang y Wang [12] recreó un modelo donde se pudo demostrar la relación entre la transferencia de conocimiento, innovación y el desempeño organizacional. Ellos mencionan que los principios de innovación tienden a depender en su mayoría en el conocimiento, habilidades y experiencias de los trabajadores de una empresa. Entre sus resultados, mencionan que el identificar el conocimiento de los empleados ayuda a incrementar los ritmos de innovación.

3 Antecedentes y Descripción del Problema

El proyecto se desarrollará en una empresa farmacéutica mexicana líder en el manejo de la medicina homotoxicológica, que hace investigaciones acerca de esta rama de la medicina. La empresa desarrolla proyectos de investigación para los cuales se necesitan empleados que los puedan realizar.

Para la asignación de las personas a los proyectos de investigación, los encargados se basan en su relación con el personal, ya sea por la cercanía física que tienen entre ellos o por su relación social, de tal manera que no hacen esfuerzo alguno por buscar en algún departamento si existen personas que tengan el conocimiento requerido por los proyectos.

Debido a que el Área de Recursos Humanos no cuenta con una adecuada gestión del conocimiento individual, las personas encargadas de la asignación de personal para proyectos de investigación no pueden llegar a identificar a las personas con el perfil adecuado para cada proyecto. De esta manera se pierde tiempo para encontrar personas que cumplan con los requisitos de los proyectos. De igual manera, los expedientes que se tienen en el área no están actualizados, lo que hace que no se refleje el conocimiento individual de la organización.

4 Propuesta de Solución

Basándose en lo anterior se tiene como propuesta desarrollar una metodología basada en gestión del conocimiento, que permita identificar el conocimiento clave existente en cada uno de los empleados de la empresa y ponerlo a disposición para que de manera eficiente ayude a la asignación de personal para apoyo a los proyectos de investigación.

A través de una revisión literaria basada en artículos científicos, se han encontrado metodologías para la identificación de conocimiento como la propuesta por Nieves, Del Río y Villardefranco [13] y aún más específica la de Amaya [8] que presenta una metodología para identificar el conocimiento clave del personal en una agencia gubernamental. Son estas algunas de las metodologías de las que se toman de base para desarrollar la propuesta de solución a la problemática anteriormente planteada.

Para poder llevar a cabo la siguiente propuesta se debe primero detectar parte del conocimiento tácito clave que tiene cada empleado de la compañía, al igual que la información documentada que complementa el perfil de la persona. Posteriormente se debe de desarrollar una herramienta que permita obtener parte del conocimiento tácito clave para poder documentar las experiencias, competencias y habilidades del personal, siguiendo con la implementación de herramientas de representación de conocimiento. Para finalizar, se debe implementar y evaluar un gestor del conocimiento en el área de Recursos Humanos para la búsqueda rápida y eficiente de personal. Por último, una vez que la asignación de personal concluya, así como los proyectos, se debe de volver a detectar el nuevo conocimiento generado. La figura 1 presenta el modelo conceptual de la propuesta que se está planteando, considerando cada uno de los pasos a llevarse a cabo.

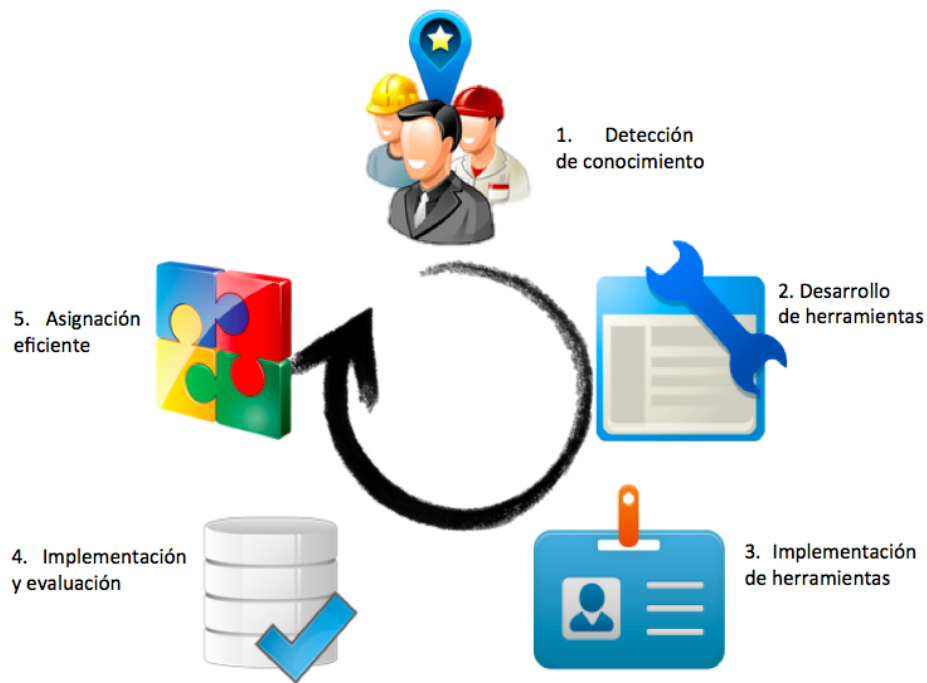


Figura 1. Modelo conceptual de la propuesta planteada (elaboración propia).

5 Resultados y Beneficios Esperados

El desarrollo de una metodología para la identificación del conocimiento clave del recurso humano de una empresa farmacéutica, permitirá conocer el conocimiento que posee la organización, disminuir el tiempo de búsqueda de personal para proyectos de investigación y favorecer la utilización del conocimiento existente por parte de los miembros de la organización.

De igual manera, el manejo correcto de los expedientes de los empleados beneficiará a que se descubran los conocimientos, habilidades y aptitudes que estos poseen. Esto permitirá que se realice una actualización constante de estos expedientes para evitar identificar conocimiento obsoleto para la organización. Esta información se podrá utilizar para agilizar la búsqueda de personal especializado y seleccionar a personal de la empresa para proyectos de investigación.

Por último, esto permitirá a la empresa saber el conocimiento con el que actualmente cuenta y elaborar planes de acción para poderlo incrementar. Esto nos lleva a pensar en que la empresa puede llegar a desarrollar planes de capacitación para los empleados que permita la creación de nuevo conocimiento que beneficie a las ventajas competitivas de la organización.

6 Conclusiones

En la actualidad, las organizaciones se han percatado de que en este nuevo mercado, no es la empresa que más produce la que es mejor que las demás, sino la que tiene más conocimiento y que lo utiliza de manera eficiente para sus procesos y productos. Así mismo, las empresas han observado que para empezar a implementar la GC, primero deben de saber el conocimiento con el que actualmente cuentan y que la mayoría de las veces está en las cabezas de los empleados.

Como se mencionaba con anterioridad, el conocimiento está arraigado al personal de la organización y esto hace que la mayoría de las veces, si no se tiene bien identificado, no sea utilizado correctamente y en su defecto, perdido. Es por esto que las organizaciones tienen que enfocar parte de sus actividades a identificar el conocimiento de sus empleados para que sea utilizado de una manera eficiente.

Se espera que con el desarrollo e implementación de esta propuesta la organización aprenda a identificar el conocimiento existente dentro de ella que sirva para la elaboración de proyectos de investigación. Esto ayudará a que la organización desarrolle eficientemente los proyectos de investigación que actualmente se llevan a cabo y en dado caso, desarrollar equipos de investigadores que se especialicen en cierto tipo de proyectos.

Referencias

1. Farzin, M., Kahreh, M., Hesani, M., Khalouei, A.: A survey of critical success factors for strategic knowledge management implementation: applications for service sector. *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 109, 595-599 (2014)

2. Renzel, B.: Trust in management and knowledge sharing: the mediating effects of fear and knowledge documentation. *Omega*, 206-222 (2008)
3. Kebede, G.: Knowledge management: an information science perspective. *Int. J. Inf. Manag.*, 30, 416-424 (2010)
4. Macias, C., Aguilera, A.: Contribución de la gestión de recursos humanos a la gestión del conocimiento. *Estud. Gerenciales*, 28, 133-148 (2012)
5. Chen, Y., Huang, H.: Knowledge management fit and its implications for business performance: a profile deviation analysis. *Knowledge-Based Syst.*, 27, 262-270 (2012)
6. Kim, S., Hong, J., Suh, E.: A diagnosis framework for identifying the current knowledge sharing activities status in a community of practice. *Expert Syst. Appl.*, 39, 13093-13107 (2012)
7. Pérez-Montero, M.: Identificación y representación del conocimiento organizacional: la propuesta epistemológica clásica. *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 84, 633-673 (2004)
8. Amaya, R.: Una metodología para la identificación del conocimiento clave como herramienta de apoyo en los proceso del area de capacitación de una institución gubernamental. Posgrado. Universidad de Sonora (2012)
9. Wakefield, R.: Identifying knowledge agents in a KM strategy: the use of the structural influence index. *Inf. Manag.*, 42, 935-945 (2005)
10. Chen, C., Huang, J.: Strategic human resource practices and innovation performance – The mediating role of knowledge management capacity. *J. Bus. Res.*, 62, 104-114 (2009)
11. Har, W., In, T., Phaik, L., Hsien, L.: The impact of Hrm practices on Km: a conceptual model. *J. Appl. Sci. Res.*, 4, 6281-6291 (2010)
12. Wang, Z., Wang, N.: Knowledge sharing, innovation and firm performance. *Expert Syst. Appl.*, 39, 8899-8908 (2012)
13. Nieves, Y., Del Rio, Y., Villardefranco, M.: Elementos esenciales para la identificación del conocimiento organizacional en especialidades universitarias cubanas. *Cien. Inof.*, 40, 3-13 (2009)

Una Propuesta para Gestionar el Conocimiento Organizacional: Caso CENACE CFE

Mario Barcelo-Valenzuela¹, Juana Inés Munguía-Ramírez¹, Alonso Pérez-Soltero¹, José Palma-Méndez²

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

mbarcelo@industrial.uson.mx, munguiaines@gmail.com,
aperez@industrial.uson.mx

²Universidad de Murcia, Departamento de Ingeniería de la información y Comunicación, Campus
Espinardo, C.P. 30100, Murcia, España.

jtpalma@um.es

Resumen. El conocimiento es un recurso muy importante dentro de las organizaciones, pues éste, le puede ayudar a generar una ventaja competitiva si se le administra correctamente. La gestión del conocimiento es un proceso que ayuda a las organizaciones a encontrar el conocimiento importante, seleccionarlo, organizarlo y compartirlo. La propuesta actual está enfocada en un área de un organismo de Comisión Federal de Electricidad, la cual no dispone de una estructura tecnológica que le ayude a gestionar el conocimiento con el que cuenta. Se busca poder desarrollar una herramienta que permita capturar, clasificar, recuperar e identificar a los usuarios, así como al conocimiento clave con el fin de mejorar el rendimiento organizacional.

Palabras clave: Gestión del conocimiento, conocimiento clave, sistema de gestión del conocimiento.

1 Introducción

Actualmente, el conocimiento se está volviendo un recurso muy importante dentro de las organizaciones para generar una ventaja competitiva sostenible, ya que para mantenerla no es recomendable basarnos en la última tecnología, pues hoy en día el ciclo de vida de la innovación es cada vez más corto [1]. Por esto, diversos autores mencionan que las empresas están apostando cada vez más por el conocimiento, ya que este es la base de todas las decisiones y actividades organizacionales [2].

Mario Barcelo-Valenzuela, Juana Inés Munguía-Ramírez, Alonso Pérez-Soltero, José Palma-Méndez, *Una Propuesta para Gestionar el Conocimiento Organizacional: Caso CENACE CFE*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Germán-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 164-169, 2014.

El concepto conocimiento tiene diversos significados. Según Grant [3], es la fuente más importante de la ventaja estratégica y además es la base del desarrollo organizacional y que por lo mismo dificulta aún más que su competencia imite sus productos y procesos.

Es por esto, que en este documento se expone la estrategia que se planea desarrollar e implementar en un área dentro de un organismo controlador de energía eléctrica, dicha estrategia tiene como objetivo principal gestionar el conocimiento clave de la organización para ayudar a mejorar el rendimiento de los empleados, esto a través de la identificación, captura, organización y recuperación del conocimiento clave.

La estructura de este documento es la siguiente. En la sección 2 se presentan las definiciones de los conceptos de gestión del conocimiento (GC), conocimiento clave y por último el proceso de GC apoyado por tecnologías de la información y comunicación; en la sección 3 se plasma la problemática existente continuada de la sección 4, en la cual se describe la propuesta de solución, seguida de la sección 5 en donde se exponen los resultados y beneficios esperados, para finalmente exponer las conclusiones en la sección 6.

2 Marco Teórico

Dewobsky [4] define la GC como: “el proceso de identificación, captura, organización y difusión de los activos intelectuales que son críticos para el rendimiento organizacional a largo plazo”. Sin embargo, para Wiig [5] es la administración sistemática, explícita y deliberada, así como la operación del capital intelectual y los conocimientos relacionados con el proceso, ya sean centrados en las personas, en las tecnologías o con el enfoque hacia la gestión de recursos. La GC tiene perspectivas tácticas y operativas, y se centra en la forma de dar a conocer y gestionar las actividades relacionadas con el conocimiento y su creación, captura, proceso y uso. Su función es la de planificar, ejecutar y supervisar todas las actividades relacionadas con el conocimiento y los programas necesarios para la gestión eficaz del capital intelectual.

El elemento clave en la GC es el conocimiento. Según Hedlund [6], el conocimiento se puede clasificar como tácito y explícito. El primero se basa en la experiencia de las personas, mientras que el otro es más preciso, formal y documentado.

La transformación del conocimiento individual al conocimiento organizacional depende de las características, cultura y ambiente de la empresa. El conocimiento organizacional se basa en el conocimiento individual pero con la diferencia de que el primero es una colección compleja de sistemas cognitivos y memorias hechos de una red distribuida de mentes humanas, mapas mentales, documentos, archivos electrónicos, comportamientos, ideas, normas, entre otros [7]. Así mismo, según Srivastava [8] existen dentro de las organizaciones conocimientos y procesos clave, que son definidos como recursos dinámicos aprendidos que agregan valor y/o ayudan a generar una ventaja competitiva a la empresa.

El proceso de GC no puede ser entendido sin una plataforma tecnológica que lo sustente, y para implementarlo dentro de una organización es necesario según Jurinjak y

Klicek [9] iniciar con una auditoria del conocimiento en la cual se pretende que se identifiquen las necesidades, fuentes de conocimiento, el flujo del conocimiento, así como identificar si existen vacíos dentro de la organización. Una buena estrategia de auditoria de conocimiento consiste en centrarse en los procesos clave de la organización, ya que ellos permiten orientar los esfuerzos de análisis a los aspectos que se sabe son de mayor impacto y que proporcionan los mejores beneficios a la organización [10].

Según Smith et al. [11] dentro del proceso de la GC, un buen diseño de la arquitectura de tecnologías de la información es un factor clave, sobre todo porque la integración y categorización es esencial en casi todas las iniciativas que involucran gestión de conocimiento. De acuerdo con Maier [2], la GC se apoya de diversas tecnologías de la información y la comunicación para llevar a cabo su propósito fundamental. Algunas de las herramientas tecnológicas que se utilizan son: Intranet, sistemas de gestión de contenidos y documentos, sistemas de gestión de flujos de trabajo, inteligencia artificial e inteligencia de negocios, entre otros.

3 Antecedentes y Descripción del Problema

El Centro Nacional de Control de la Energía Eléctrica (CENACE) área noroeste es el responsable de controlar la generación, transmisión y distribución en los estados de Sonora y Sinaloa; garantizando a los mismos el suministro de energía y cuidando la economía de la empresa. Para lograr todas estas actividades el CENACE se encuentra dividido en cuatro subgerencias, que a su vez se dividen en diferentes departamentos. Una de estas subgerencias es la de transacciones, la cual tiene los departamentos de estadística, pronóstico y contratos.

Este proyecto se llevará a cabo en la subgerencia de transacciones, la cual presenta algunas dificultades en cuanto a la administración del conocimiento, como por ejemplo: cuando el personal encargado de algún proceso llega a faltar y el resto de los empleados no saben cómo llevar a cabo dichas actividades es necesario contactar a las personas encargadas. Además, hay algunas circunstancias que se presentan de manera aleatoria y que algunas veces ya fueron resueltas, pero generalmente la persona no recuerda el proceso que llevó a cabo para su éxito, no encuentra el documento final, o no sabe a quién dirigirse. De igual manera se puede presentar la misma problemática o situación dentro de diferentes departamentos, y cada uno perder recursos por tratar de resolver algo que ya tuvo solución anteriormente. En síntesis, el problema de ésta organización es que; carece de un medio de comunicación, identificación, captura, recuperación y aplicación del conocimiento con el que se cuente, que permita utilizarlo de manera efectiva y eficiente.

4 Propuesta de Solución

En base al problema previamente descrito, la propuesta consiste en desarrollar e implementar un sistema de GC que permita aprovechar el conocimiento utilizado en los

procesos que se llevan a cabo en la subgerencia de transacciones. Para lograr este objetivo, primero es necesario identificar el conocimiento clave que se encuentra dentro de este departamento, para posteriormente diseñar y desarrollar un sistema que permita identificarlo, capturarlo y almacenarlo. Posteriormente se implementará un sistema de GC y se llevará a cabo un proceso de evaluación que permita determinar la influencia de dicho sistema en las actividades desarrolladas en la subgerencia de transacciones. En la figura 1 se puede observar una visión esquemática de este proceso. Los pasos a seguir son los siguientes:

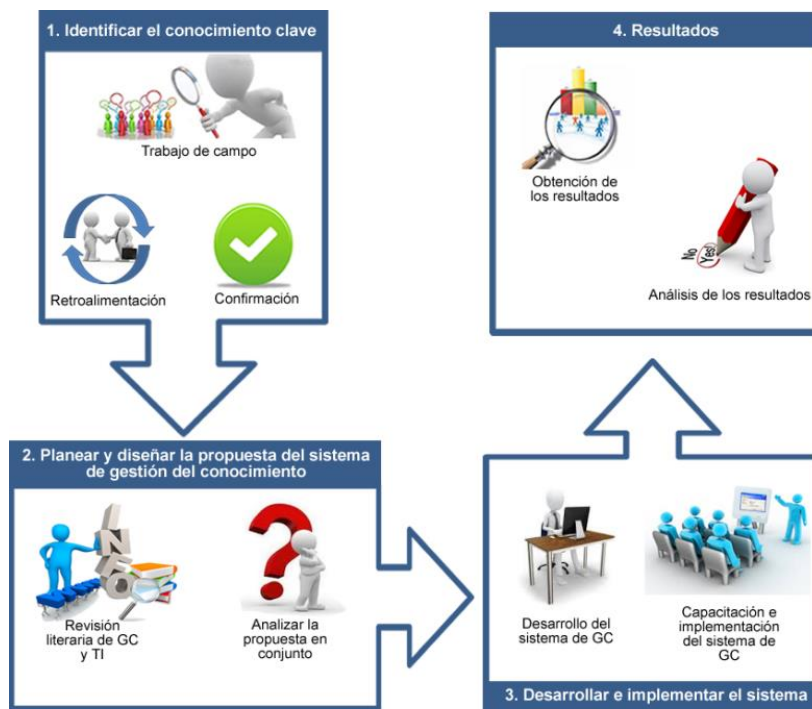


Figura 1. Modelo conceptual de la propuesta planteada (elaboración propia).

1) **Identificar el conocimiento clave.** Se aplicará un proceso de auditoría para identificar el conocimiento clave dentro de la organización. Dicho proceso se llevará a cabo mediante un trabajo de campo que será validado por el encargado de la subgerencia.

2) **Diseñar, desarrollar una propuesta para la identificación, captura, recuperación y diseminación del conocimiento.** Este paso se basará en la revisión de la literatura de la tecnología de apoyo en la gestión del conocimiento y en las necesidades de la organización.

3) **Desarrollar e Implementar el sistema.** Implementar el sistema de gestión de conocimiento utilizando la tecnología que se consideró adecuada en los departamentos y capacitar a los usuarios finales.

4) **Resultados.** Obtener y analizar los posibles efectos que la implementación del sistema produzca en la organización. Este análisis se centrará en la utilización del sistema, aprovechamiento de la aplicación y recuperación del conocimiento. Para este análisis se definirán las métricas necesarias.

Con la implementación de un sistema de GC se pretende mejorar el funcionamiento global de la subgerencia de transacciones. En concreto mejorar el tiempo de respuesta de los empleados frente a distintas situaciones, además de permitir la mejora continua al dedicar el tiempo que se invertía en desarrollar varias veces el mismo conocimiento (lo que típicamente llamamos “reinventar la rueda”).

5 Conclusiones

En este documento proponemos el desarrollo e implementación de un sistema de gestión de conocimiento que permita reducir el tiempo de respuesta y mejorar el rendimiento de los empleados de la subgerencia de transacciones comerciales.

Los elementos principales por los cuales se pretende implementar este proyecto de investigación, son: la gran cantidad de información que se maneja dentro de la subgerencia de transacciones, la constante capacitación que reciben los empleados, así como el poco personal con el que cuenta la organización. Con este proyecto se espera como resultado aprovechar al máximo los recursos que influyen en el proceso diario de esta subgerencia; ya que actualmente no se cuenta con ningún tipo de medio y/o procedimiento que gestione el conocimiento. Además, se tiene como futuras referencias extenderlo al resto de las subgerencias y replicarlo en los distintos CENACE de la república mexicana.

Referencias

1. Davenport, T. y Prusak, L. Working Knowledge: How Organization Manage what They Know. Harvard Business School Press [online] Disponible en <http://www.kushima.org/is/wp-content/uploads/2013/09/Davenport_know.pdf> (2000)
2. Maier, R. Knowledge Management Systems Information and Communication Technologies for Knowledge Management. 3rd ed. Berlin, Springer (2007)
3. Grant, R. Prospering Dynamically-Competitive Environment: Organizational Capability as Knowledge Integration. Organization Science, 7, 375-387 (1996)
4. Debowsky, Shelda. Knowledge Management. Jhon Wiley & Sons. Australia, Sidney (2006)
5. Wiig, K. Enterprise Knowledge Management. 2007 & 2008 Knowledge Research Institute, Inc. White paper (2007)

6. Hedlund, G. A Model of Knowledge Management and the N-form Corporation. *Strategic Management Journal*, 15, S2, 73-90 (1994)
7. Lo Storto, C. Technological Innovation, Knowledge and Organizational Learning as Key Drivers of Competitiveness. *Advances in Management* (2011)
8. Srivastava, S. Managing Core Competences of the Organization. *VIKALPA*, 30, 4, 49-63 (2005)
9. 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* (2008)
10. Pérez Soltero A. Auditoria del Conocimiento con Apoyo de Tecnologías de Información, Editorial Académica Española (2012)
11. Smith, H. A., Mckeen, J. D. y Jenkin, T. A. Exploring Strategies for Deploying Knowledge Management Tools and Technologies. *Journal of Information Science and Technology*, 6, 3-2 (2009)

Construcción de un Modelo de Lógica Difusa para Validación de Perfiles de Conocimiento de Personal

Jorge A. Rosas-Daniel, Oscar M. Rodríguez-Elias, María de J. Velázquez-Mendoza,
Cesar E. Rose-Gómez

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Ave.
Tecnológico S/N, Hermosillo, México.
roda.jorgearmando@gmail.com,
omrodriguez@ith.mx, rvelazquez@ith.mx, crose@ith.mx

Resumen. La gestión de los recursos humanos (GRH) es una de las tareas que permiten lograr el cumplimiento de las metas que llevan al desarrollo y mantenimiento de una organización exitosa. Por la compleja naturaleza del ser humano, la GRH presenta problemas complejos como la evaluación multi-criterio cualitativo y cuantitativo de los individuos para determinar su afinidad con los puestos requeridos por una organización. Este tipo de problemas son difíciles de abordar mediante estrategias tradicionales. Tomando en cuenta lo anterior, este trabajo propone un modelo basado en lógica difusa que ayuda a empatar las necesidades de conocimiento de los puestos o roles involucrados en los procesos de una organización, con los conocimientos con que cuentan las personas candidatas a ocuparlos, con el fin de determinar el grado con el cual el perfil de conocimiento de un individuo cumple con el perfil de conocimiento requerido.

Palabras Clave: Lógica Difusa, Gestión de Recursos Humanos, Sistemas Expertos, Perfil de Conocimiento, Ingeniería de Conocimiento.

1 Introducción

El incremento de la competencia y el desarrollo tecnológico han llevado al aumento de la necesidad de Recursos Humanos de calidad para que las organizaciones sobre-vivan al mercado competitivo actual [1], lo cual está relacionado con la necesidad de conocimientos y habilidades que permitan superar los desafíos cada vez más demandantes [2]. Los individuos que forman parte de las organizaciones toman decisiones que determinan el curso de las mismas, configuran y controlan los sistemas tecnológicos, crean y comparten conocimiento indispensable para el desarrollo de la organización,

Jorge A. Rosas-Daniel, Oscar M. Rodríguez-Elias, María de J. Velázquez-Mendoza, Cesar E. Rose-Gómez, *Construcción de un Modelo de Lógica Difusa para Validación de Perfiles de Conocimiento de Personal*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Germán-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 170-181, 2014.

identifican problemas que obstruyen el desempeño de los individuos y por ende de la organización, buscan soluciones a dichos problemas para el sostenimiento de los procesos que componen la actividad organizacional, entre muchas cosas más. Lograr que los individuos de una organización puedan manejar los desafíos presentes en la economía cada vez más demandante de recursos de gran calidad conlleva un gran desafío a causa de la complejidad de los seres humanos y el avance científico y tecnológico. Al buscar soluciones a las problemáticas derivadas de la GRH se ha observado una relación importante entre la GRH y la gestión del conocimiento [3]. Es en esta línea en la que se integra el presente proyecto, usar un enfoque de gestión del conocimiento para apoyar la gestión de recursos humanos en las organizaciones al validar un perfil de conocimiento de un candidato con el perfil de conocimiento de un puesto de trabajo.

Por la compleja naturaleza del ser humano, la GRH presenta problemas complejos que son difíciles de abordar mediante estrategias tradicionales (como la evaluación multicriterio cualitativo y cuantitativo de los individuos). Por lo anterior en este documento se presenta un modelo basado en lógica difusa que permita empatar las necesidades de conocimiento de los puestos o roles involucrados en los procesos de una organización, con los conocimientos con que cuentan las personas candidatas a ocupar dichos puestos. En este trabajo se busca aprovechar el modelo para la definición de perfiles de conocimiento desarrollado por [4], al extenderlo, con el uso de la lógica difusa, con el fin de determinar el grado con el cual el perfil de conocimiento de un individuo cumple con el perfil de conocimiento solicitado para un puesto o rol dentro de una organización dada. El documento está organizado de la siguiente manera: la sección 2 introduce los principales conceptos relacionados con la investigación para tener una idea más amplia de la relevancia de este trabajo. El modelo desarrollado se explica en la sección 3. Se desarrolla una discusión del modelo en la sección 4 y en la sección 5 se presentan las conclusiones de este proyecto, así como el trabajo futuro que se tiene contemplado realizar con base en el modelo desarrollado.

2 Marco Teórico

Según [5], la GRH es la administración eficaz de la gente en el trabajo para que sean trabajadores satisfechos y productivos, logrando así que todos los individuos de una organización vean “el bien a causa de su duro trabajo” (Eclesiastés 2:24.). Éste autor explica que los individuos son “la sangre de las organizaciones” a causa de que son por y para ellos que existen. Por lo anterior es imprescindible que los miembros de las organizaciones sean aprovechados de manera eficiente sin descuidar su bienestar y comodidad.

Comprender que los integrantes de una organización son parte esencial de las organizaciones es de suma importancia [1, 2, 6, 7] y su buena gestión es un proceso vital que permite alcanzar las metas que llevan al desarrollo y mantenimiento de una organización exitosa [5, 8]. La GRH conlleva resolver problemas complejos como la

selección, contratación y planificación del desarrollo del personal, debido a la compleja naturaleza del ser humano.

En las organizaciones modernas, el valor de los RH radica en gran medida en los conocimientos que éstos tienen [2], (Col. 1:9,10). La gestión del conocimiento consiste en optimizar la utilización del conocimiento al crear condiciones que permitan el flujo de conocimiento de la mejor manera [9], esto a través de la compresión de los flujos de información y la implementación de prácticas de aprendizaje organizacional [10]. Se ha observado que el éxito de la gestión del conocimiento como ventaja para las organizaciones se debe principalmente a la gestión del conocimiento tácito alojado en las personas, por lo cual las iniciativas deben centrarse en las personas para obtener verdaderas ventajas [10].

La complejidad de las personas y los procesos de una organización llevan a que las tareas de la GRH requieran un apoyo tecnológico inteligente para el aprovechamiento de los recursos humanos dentro de la organización. En este respecto el Soft Computing o Inteligencia Computacional actúa como el apoyo en la solución de varios de los problemas asociados a las actividades de la GRH que permite enfrentar las problemáticas del mercado actual de forma rápida y eficiente [2, 11–14].

En este trabajo se aborda la problemática asociada a la validación de perfiles de conocimiento de los individuos de manera difusa con respecto a un perfil de conocimiento de un rol dentro de una organización, debido a que la evaluación exacta de los individuos es prácticamente imposible de realizar. Por ello se pretende hacer uso de la técnica del Soft Computing conocida como lógica difusa para realizar la ecuación de manera que permita tomar en cuenta la incertidumbre asociada al problema.

La lógica difusa es una metodología que permite obtener una conclusión a partir de información ambigua (como “tibio”, “alto”, “rápido”), imitando así la forma en como una persona toma decisiones basadas en información imprecisa [15]. En lógica difusa un conjunto, colección de objetos distintos con una o varias propiedades en común, está definido por elementos con diferentes grados de pertenencia, no son completamente rechazados ni completamente aceptados sino que hasta cierto grado son parte del conjunto difuso o no lo son [16]. La función de pertenencia puede tomar el valor de un número real en el intervalo [0,1], quedando definido el conjunto [16]:

$$A = \{ (x, mA(x)) : x \in U, mA(x) \in [0,1] \}$$

Donde A es el conjunto de pares de elementos y su grado de pertenencia ($mA(x)$), siempre y cuando los elementos pertenezcan al universo de estudio y que el valor de pertenencia este entre 0 y 1.

En el ámbito de la lógica difusa y las problemáticas de la GRH se han abordado cuestiones como la selección del mejor individuo para un puesto de trabajo, el problema se suele abordar desde un enfoque multi-criterio donde el individuo es evaluado con respecto a varias capacidades, habilidades o atributos que son esenciales para el desempeño de un puesto específico [1, 17, 18].

Al ser el conocimiento tan importante para el correcto funcionamiento de las organizaciones, la gestión del conocimiento juega un rol importante al estimular la creatividad e innovación, contribuyendo al desarrollo de la fuerza de trabajo y mejorando la efectividad organizacional interna y externa [10], la lógica difusa permitirá abordar la incertidumbre provocada por la complejidad de medición del conocimiento. Con esto se obtiene un enfoque de gestión del conocimiento para apoyar la gestión de recursos humanos en las organizaciones.

3 Modelo de Validación de Perfiles de Conocimiento Difuso

Para este modelo se utilizó la ontología desarrollada en [4] para determinar las características de los perfiles de conocimiento y hacer uso de los conceptos y relaciones que permiten el emparejamiento de los individuos con un rol determinado. En la figura 1 se puede observar el mapa conceptual que define la manera de determinar el nivel de conocimiento.

El conocimiento es indispensable para la formación de competencias y, por ende, necesario para un rol de una organización que ejecuta las tareas necesarias para los procesos organizacionales que llevan al éxito competitivo. Un individuo puede desarrollar competencias a futuro con base al conocimiento obtenido previamente. Esto puede darse a causa de que el individuo no ha hecho uso del conocimiento o que la generación de una nueva competencia este dada en parte por conocimiento que no se ve reflejado a su perfil a nivel de competencias. El ser humano crece día a día en conocimiento, por lo cual el mismo posee un potencial latente para desarrollar las competencias necesarias para un rol en una organización. Por lo anterior, es conveniente evaluar a los candidatos a un rol de trabajo con respecto a sus conocimientos en lugar de determinar las competencias resultantes de estos que son requeridas para realizar un trabajo que incumbe un rol dentro de la organización.

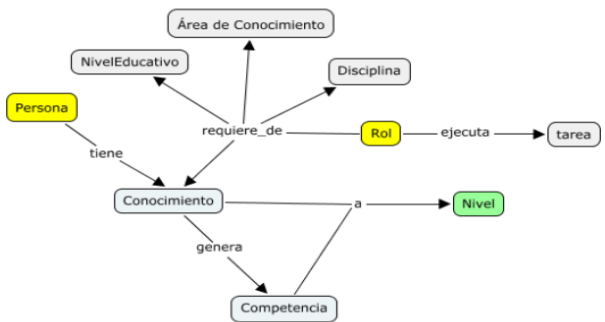


Figura1. Mapa Conceptual para la determinación del nivel de conocimiento [4]

3.1 Niveles de Conocimiento

Los niveles de conocimiento de un individuo son determinados de acuerdo a la literatura de [10], en esta se evalúa al individuo en 5 grados de conocimiento; “Novato” N, “Principiante” P, “Competente” C, “Experto” E y “Maestro” M. A estos niveles le sumamos el “No lo Comprende” NC para crear los conjuntos difusos que nos permitirán evaluar a los individuos de forma lingüística o convertir valores nítidos (como calificaciones de exámenes) en valores difusos para la inclusión de incertidumbre en los cálculos. En la Figura 2 se muestran los conjuntos difusos dados por números difusos triangulares (TFN, en inglés) en una escala de 0 a 10.

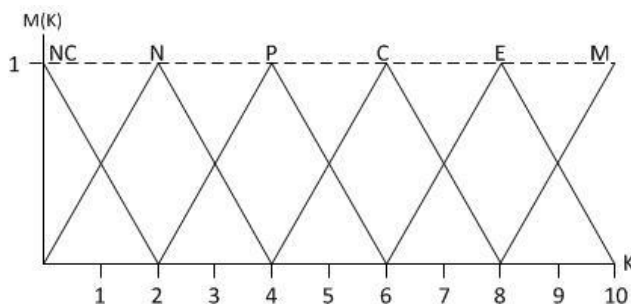


Figura2. Niveles de Conocimiento

Un perfil de trabajo está compuesto por tareas que permiten realizar los procesos de una organización. Estas acciones requieren de competencias generadas por conocimientos por parte de los individuos para su realización. Lo cual nos lleva a emparejar a los individuos con los conocimientos necesarios para un rol de trabajo.

Para el modelo presente al definir el perfil de conocimiento deseado para un puesto de trabajo se determina que es necesario definir las tareas que un puesto de trabajo debe realizar, estas a su vez requieren un número determinado de competencias, las cuales se generan a partir de conocimientos por parte de los individuos. De esta forma podremos evaluar el empate de un individuo con un rol en términos de conocimientos.

A cada conocimiento se le asignará un nivel deseado C_i , donde $i=1\dots c$, son los conocimientos necesarios para el rol. El nivel será determinado por medio de varios expertos que asignarán un valor lingüístico determinados por los conjuntos difusos del nivel de conocimiento (véase Figura 2). El nivel asociado a un conocimiento dado por un experto estará dado por C_{ie} donde $e=1,\dots,d$ es el experto.

3.2 Modelado del Nivel de Conocimientos del Perfil del Puesto

Para determinar el nivel requerido para cada conocimiento se considerará la evaluación por parte de un panel de expertos que contarán con un grado de importancia para cada uno

(WE_e) determinado por medio del análisis extensivo de Chang y usando los conjuntos difusos de los niveles de importancia observados en [19], para crear la matriz de comparativas. Cada experto valora el nivel de conocimiento requerido C_{ie} y con base en estos se obtiene el nivel necesario para un conocimiento dado C_i , del rol. Mediante una ponderación de números difusos se establecerá el nivel asociado a un conocimiento específico:

$$C_i = \frac{1}{\sum WE} \sum_{e=1}^d (C_{ie} * WE_e)$$

Donde d es el número de expertos que forman el perfil de conocimiento del rol, WE_e es una constante que representa el peso de importancia que tiene asociado el experto e para determinar el nivel de conocimiento i para el rol y C_{ie} es un número triangular difuso (TFN, en inglés) asociado a los niveles de conocimiento dado por el experto (véase Figura 2). La multiplicación de un TFN M_1 por una constante k está dada por $kM_1 = (kl, km, ku)$, donde l, m y u son los parámetros que definen un TFN.

3.3 Modelado de la Importancia entre Conocimientos de un Trabajo en un Puesto

Una vez determinados los niveles de conocimiento, por parte de un panel expertos, se definen las relaciones de jerarquía entre los conocimientos asociados a un rol, es decir, determinar el peso o importancia que tiene el conocimiento dentro del puesto. Para este respecto ya tenemos el peso de importancia de las opiniones de cada experto, determinado por el vector normalizado WE , por lo cual se genera una matriz de comparativas con la jerarquía entre conocimientos de un rol por cada experto IC_e , formada por la jerarquía existente de conocimiento respecto a otro según el experto IC_{ecd} determinada usando los conjuntos difusos de los niveles de importancia observados en [19]. Siguiendo la misma línea que al determinar el nivel de importancia de un conocimiento se obtiene la jerarquía de un conocimiento c sobre otro d , IC_{cd} , mediante una ponderación de números difusos que estableció cada experto.

$$IC_{cd} = \frac{1}{\sum WE} \sum_{e=1}^g (IC_{ecd} * WE_e) \text{ donde } g \text{ es el numero de expertos}$$

Con estos valores se determina la matriz de jerarquías de conocimientos para el rol con la cual se realiza el análisis extensivo de Chang [19] para determinar el vector de importancia para los conocimientos del rol WC .

3.4 Evaluación del Aspirante

Después de determinar los niveles de conocimiento que definen un puesto de trabajo y las importancias de estos dentro del perfil de conocimiento del rol, proseguimos con la evaluación del aspirante. La evaluación puede ser de forma lingüística a partir de etiquetas de los niveles de conocimiento (véase Figura 2) o puede ser de manera puntual.

3.5 Evaluación Lingüística de Conocimiento

Si se evalúa lingüísticamente al individuo en un conocimiento, por ejemplo, se dice que es “Competente” en ese conocimiento, el resultado de la evaluación estará dado por el TFN $E_{ie} = (\alpha \beta \gamma)$, donde “i” es el conocimiento evaluado, “e” el evaluador y α, β y γ son los parámetros que definen un TFN. Para determinar el grado de calificación Gc_{ie} del conocimiento “i” según su nivel C_i con respecto al evaluador “e” se utiliza la diferencia difusa utilizada en [11], definida por $\tilde{n}_1 - \tilde{n}_2 = (n_{1\alpha} - n_{2\beta}, n_{1\gamma} - n_{2\gamma}, n_{1\beta} - n_{2\alpha})$, para comparar el nivel deseado del conocimiento con la evaluación por medio de la diferencia $D_{ie} = E_{ie} - C_i$. Una vez obtenida la diferencia se defusifica el TFN obtenido por medio de la distribución proporcional $X_p(D_{ie})$ [20] y se utiliza como grado de calificación, definida como $Gc_{ie} = X_p(D_{ie}) = (\alpha + 4\beta + \gamma)/4$.

3.6 Evaluación Puntual de Conocimiento

Si se evalúa puntualmente al individuo (i.e. Examen), se debe transformar el resultado obtenido a un número comprendido en el intervalo [0,10]. El resultado se fusificará por medio de los conjuntos de los niveles de conocimiento (ver Figura 2). La evaluación por parte del evaluador E_{ie} estará dada por el TFN del nivel con pertenencia más elevado (de existir empate se tomará el más cercano al nivel deseado), el valor puntual X y su grado de pertenencia $M_N(X)$, formando una tripleta $E_{ie} = \{(\alpha \beta \gamma), x, M_N(x)\}$. Para la obtención del grado de calificación Gc_{ie} se seguirán los pasos mencionados en la evaluación lingüística. Una vez obtenida la distribución proporcional $X_p(D_{ie})$ se utilizará la fórmula $Gc_{ie} = X_p(D_{ie}) + [(1 - M_N(x))(x - \beta_1)]$ para obtener el grado de calificación, donde β_1 es el parámetro del TFN obtenido en la evaluación.

La evaluación puede realizarse de manera múltiple, es decir, varios evaluadores darán una evaluación puntual o lingüística. Se obtendrán los pesos de importancia de cada evaluador (WA) al igual que con los expertos encargados de definir el modelo (véase *Modelado Niveles del Perfil de Conocimiento del Puesto*). Con la importancia de cada evaluador definida se procederá a generar un grado de calificación general.

$$Gc_i = \frac{\sum_1^e Gc_{ie} * WA_e}{\sum_1^e WA_e}, \text{ donde “e” es el evaluador e i el conocimiento}$$

Una vez obtenido el grado de calificación para un conocimiento “ i ” se fusifica nuevamente a un conjunto difuso de “Calificación”. Este conjunto determina si el nivel de conocimiento del individuo con respecto a los establecidos para el puesto C_i esta “Muy Sobre-Calificado”, “Sobre-Calificado”, “Calificado”, “Sub-Calificado” o “Muy Sub-Calificado” y el grado en el cual lo está, véase Figura 3. Con esto podemos observar la situación intelectual del individuo en un conocimiento específico y verificar los puntos que requieren mejorar para lograr un mejor desempeño del puesto.

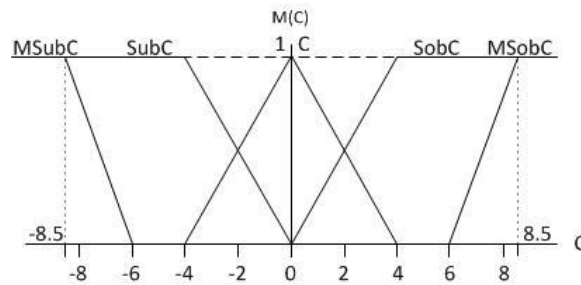


Figura3. Calificación

3.7 Evaluando al Rol

El vector de calificación para el rol de trabajo está definido por los grados de calificación dados a cada conocimiento.

$$G_c = \{G_{c_1}, G_{c_2}, \dots, G_{c_i}\}$$

A partir de este vector podemos definir valores nítidos de “Calificación Media” (G_m) y “Ajuste” (G_A) según[7].

Estos indicadores permiten dar una idea de cómo se encuentra evaluado el aspirante al puesto, pero no consideran la importancia del conocimiento i , pero con algunos cambios pueden reflejarla. El “Ajuste” es un buen indicador para determinar el grado de cumplimiento del individuo porque entre más se acerque a cero mejor se adapta al óptimo deseado y la “Calificación Media” permite obtener un valor ponderado de todas las calificaciones y definir si en general el individuo esta “Sub-Calificado” o “Sobre-Calificado”. Estos valores requieren ajustarse al nivel de importancia de los conocimientos WC . Para lograr esto se modificaron de la siguiente manera para incluir dichos ajustes:

$$G_m = \frac{\sum_1^i G_{c_i} * WC_i}{\sum_1^i WC_i}$$

$$GA = \sqrt{\frac{\sum_1^i (Gc_i * WC_i)^2}{\sum_1^i WC_i^2}}$$

Podemos utilizar la “Calificación Media” (Gm) para empatar a los niveles de calificación (véase Figura 3) para verificar la calificación del individuo. El “Ajuste” es usado para determinar nivel de ajuste del individuo para el trabajo según el conjunto difuso mostrado en Figura 4 (también usado para el nivel de cumplimiento). Para determinar el cumplimiento del individuo en ese trabajo en particular con respecto al conjunto difuso de cumplimiento (véase Figura 4) se elaboraron un conjunto de reglas que pueden ser utilizadas para mapear la calificación y el nivel de ajuste al cumplimiento. El sistema de inferencia es del tipo mamdani con el método de agregación de suma ($M_{(y)} = M_{(y)}^1 + M_{(y)}^2 + \dots + M_{(y)}^n$) y defusificación media de máximos (MOM) [21]. Las reglas son:

1. **Si** Ajuste es Exacto **Entonces** Cumplimiento es Exacto
2. **Si** Ajuste es Moderado y Calificación es Califica **Entonces** Cumplimiento es Moderado
3. **Si** Ajuste es Desajustado **Entonces** Cumplimiento es Inadecuado
4. **Si** Ajuste es Moderado y Calificación no es Califica **Entonces** Cumplimiento es Inadecuado

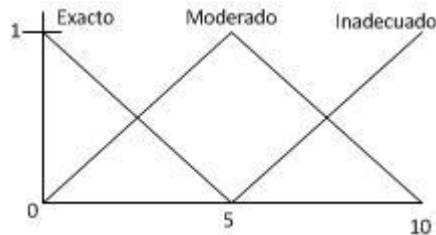


Figura4. Nivel de Ajuste y Cumplimiento al Puesto de Trabajo

4 Discusión

Se ha realizado la construcción del modelo que permite validar el perfil de conocimiento de un individuo con respecto al perfil de conocimiento de un rol dentro de una organización. Este modelo permite conocer el nivel con el cual el individuo armoniza con el rol evaluado y además el nivel con el cual ejerce, o puede llegar a, un nivel de conocimiento específico para dicho rol.

El modelo puede ser usado para aplicaciones dentro de la GRH, donde es difícil evaluar al personal, para las diferentes tareas que se desempeñan, como la selección de

personal al determinar al mejor aspirante por medio de sus conocimientos, la promoción de puestos analizando a los individuos dentro de la organización y promoviendo al mejor, la valoración de sueldos basados en la afinidad del individuo con el puesto, la rotación de personal al dar una calificación a cada individuo para todos los roles de la organización, la capacitación de los individuos al encontrar lagunas de conocimiento para los puestos que desempeñan (o desempeñarán), entre otras.

En el área de la educación puede utilizarse para determinar el grado al cual los egresados cumplen con el perfil de egreso requerido, o en su defecto con los perfiles de puestos solicitados por posibles empleadores. De esta manera, se podría ayudar a definir planes de estudio para fortalecer puntos débiles en el conocimiento de los estudiantes, identificar a los individuos más rezagados para planificar métodos que permitan mejorar su desempeño, entre otras.

En términos generales, consideramos que un modelo como el propuesto puede tener aplicaciones prácticas en varios ámbitos. No obstante, se requiere su aplicación práctica para medir el grado al cual podría resultar útil, así como evaluar sus limitaciones.

5 Conclusiones

El modelo difuso propuesto permite obtener una evaluación integral de los conocimientos de un individuo con respecto a los conocimientos necesarios para llevar a cabo las tareas que definen un rol dentro de una organización. Esta evaluación permite establecer el nivel de cumplimiento con el que un individuo puede llegar (o cubrir) un rol específico. Además no solo muestra la evaluación final sino que permite conocer el nivel con el cual se cubren todos los conocimientos necesarios para realizar un trabajo indicando si el conocimiento se encuentra debidamente calificado, sobre calificado o sub calificado para el trabajo del rol y con ello también se calcula el nivel con el cual se cubre dicho trabajo y el resto de ellos que deben desempeñarse dentro del rol al cual se realizó la validación del perfil de conocimiento.

El perfil permite tomar una decisión concreta, debido a que muestra el nivel de ajuste y el nivel de calificación. Se puede analizar un individuo con respecto a la calificación y determinar si éste cumple con los requisitos porque “Califica”, pero si observamos el valor de ajuste podremos corroborar si realmente “Califica” con todos los conocimientos adecuadamente (al acercarse a cero) o si estos balancean la carga de la calificación, con ello podremos revisar cuales son los conocimientos en los que califica o no, y a que trabajos afectan dentro del rol y tomar una mejor decisión.

Este trabajo nos servirá de base para realizar más adelantos en el área. Se planea probar el modelo con un caso hipotético y uno real para demostrar su uso y factibilidad. Para realizar las pruebas reales se tiene pensado construir un prototipo que realice los cálculos del modelo. Se tiene contemplado agregar filtros que permitan delimitar la selección de un individuo, por ejemplo, si el individuo obtiene una sobre calificación en su evaluación no cumplirá con los requisitos del filtro.

6 Agradecimientos

Se agradece el apoyo económico otorgado por parte de la Coordinación Nacional de Becas de Educación Superior (CNBES) por medio del Sistema de Único de Beneficiarios de Educación Superior (SUBES) con número de beca 744689. Este proyecto está siendo financiado por el Tecnológico Nacional de México (previamente DGEST), según número de oficio 513.1/2171/2014.

Referencias

1. Güngör, Z., Serhadlıoğlu, G., Kesen, S.E.: A fuzzy AHP approach to personnel selection problem. *Appl. Soft Comput.* 9, 641–646 (2009).
2. Kelemenis, A., Ergazakis, K., Askounis, D.: Support managers' selection using an extension of fuzzy TOPSIS. *Expert Syst. Appl.* 38, 2774–2782 (2011).
3. Edvardsson, I.R.: HRM and knowledge management. *Empl. Relations.* 30, 553–561 (2008).
4. Velázquez Mendoza, M. de J.: CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO PARA EL DISEÑO DE PERFILES DE CONOCIMIENTO. (2013).
5. Ivancevich, J.M.: administración de Recursos Humanos. McGrawHill, Distrito Federal, México (2005).
6. Xie, F., Tang, Q.: Human Resource Development by Fuzzy Neural Networks. ... , *Netw. Mob. Comput.* 2008. 1–4 (2008).
7. Bravo, Y.A.: PROPUESTA INFORMÁTICA PARA SELECCIONAR PERSONAL POR COMPETENCIAS UTILIZANDO TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL. *Ing.* (2010).
8. Armstrong, M.: Strategic human resource management. (2008).
9. Canals, A.: La Gestión del Conocimiento. 1–8 (2003).
10. Dalkir, K.: Knowledge Management in Theory and Practice Second Edition. (2011).
11. Keršulienė, V., Turskis, Z.: Integrated fuzzy multiple criteria decision making model for architect selection. *Technol. Econ. Dev. Econ.* 17, 645–666 (2011).
12. Kabak, M., Burmaoğlu, S., Kazançoğlu, Y.: A fuzzy hybrid MCDM approach for professional selection. *Expert Syst. Appl.* 39, 3516–3525 (2012).
13. Mungle, S., Benyoucef, L., Son, Y.-J., Tiwari, M.K.K.: A fuzzy clustering-based genetic algorithm approach for time–cost–quality trade-off problems: A case study of highway construction project. *Eng. Appl. Artif. Intell.* 26, 1953–1966 (2013).
14. Vanucci, S., Bicalho, R.: A modified NSGA-II for the Multiobjective Multi-mode Resource-Constrained Project Scheduling Problem. ... (CEC), 2012 IEEE 10–15 (2012).
15. Carlos, A., Negri, E.D., Vito, E.L. De: Introducción al razonamiento aproximado : lógica difusa. 126–136 (2006).
16. Morilla Raya, A.: INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE DATOS DIFUSOS. (1993).
17. Canós, L., Liern, V.: Soft computing-based aggregation methods for human resource management. *Eur. J. Oper. Res.* 189, 669–681 (2008).

18. Zhang, S., Liu, S.: A GRA-based intuitionistic fuzzy multi-criteria group decision making method for personnel selection. *Expert Syst. Appl.* 38, 11401–11405 (2011).
19. Manoharan, T.R., Muralidharan, C., Deshmukh, S.G.: An integrated fuzzy multi-attribute decision-making model for employees performance appraisal. *Int. J. Hum. Resour. Manag.* 22, 722–745 (2011).
20. Chen, L.-S., Cheng, C.-H.: Selecting IS personnel use fuzzy GDSS based on metric distance method. *Eur. J. Oper. Res.* 160, 803–820 (2005).
21. Sivanandam, S.N., Sumathi, S., Deepa, S.N.: *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB.* (2007).

Evolución de Necesidades de Conocimiento para Ingenieros de Software

Leonel Ulises Ortega-Encinas¹, Oscar Mario Rodríguez-Elías¹, Ignacio Fonseca-Chon²,
José Miguel Rodríguez-Pérez¹, Sonia Regina Meneses-Mendoza¹

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo,
Av. Tecnológico S/N, Hermosillo Sonora, México, C.P. 83170
mtb_leonel@hotmail.com, omrodriguez@ith.mx,
joserp@hotmail.com so_meneses@hotmail.com

²Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial,
Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
ifonseca@industrial.uson.mx

Resumen: El Conocimiento juega un papel muy importante en las actividades de la ingeniería del software. Debido a esto, existen esfuerzos por determinar las áreas de conocimiento que deben dominar los ingenieros de software. No obstante, estos estudios no toman en cuenta que dichas necesidades pueden cambiar con el paso del tiempo y la adquisición de experiencia. En el presente trabajo se realizó una encuesta a ingenieros de software de la región para determinar cuáles son los conocimientos que actualmente requieren en su entorno de trabajo para cumplir con los proyectos que demandan las empresas transnacionales, con el fin de identificar cómo estas necesidades varían en función del tiempo de experiencia.

Palabras clave: Necesidades de conocimiento, Ingeniería de software, Caso de estudio.

1 Introducción

El conocimiento se ha convertido en un factor importante durante las últimas décadas, ya que ha permitido el desarrollo acelerado de las nuevas tecnologías. Porter [12] menciona que el conocimiento es información con valor agregado, ya que la persona que obtiene ese fundamento, se considera en ventaja con respecto a las demás, pues para ella es posible interpretarla, y colocarla en algún contexto, además de añadirle la experiencia propia, los intereses o alguna idea en particular.

Leonel Ulises Ortega-Encinas, Oscar Mario Rodríguez-Elías, Ignacio Fonseca-Chon, José Miguel Rodríguez-Pérez, Sonia Regina Meneses-Mendoza, *Evolución de Necesidades de Conocimiento para Ingenieros de Software*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar Mario Rodríguez-Elías, Germán-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 182-192, 2014.

En México, la mayoría de los jóvenes que estudian una carrera en alguna universidad del país, traen consigo un gran potencial, el cual viene acompañado de creatividad y el famoso ingenio mexicano que los destaca a nivel internacional. Es por ello que los estadounidenses ven a México como una opción viable para atender la demanda que les exige el mercado hoy en día, la distancia es un factor fuerte. Los desarrolladores de software deben dominar el idioma inglés para lograr interactuar con la empresa o el cliente que requiera de sus servicios, aun así el abasto de talento mexicano no ha sido suficiente para atender las necesidades de un mercado extranjero e interno, ya que estos exigen y solicitan trabajos con énfasis especializado en el desarrollo de diversos software.

Debido a lo anterior, el requerimiento de talento mexicano ha aumentado y es poco el recurso humano que se tiene para satisfacer dicha demanda que a la vez forma parte de un mercado globalizado, consecuencia de la falta de desarrollo de habilidades en los ingenieros de software como lo son las Hardskills (habilidades requeridas para llevar a cabo una determinada tarea, adquiridas mediante el entrenamiento, la formación o el propio ejercicio del trabajo) y las Softskills (habilidades para la relación con los otros, la suma de las características personales, desenvoltura social, habilidades del lenguaje, etc.); necesarias para hacer frente a los retos que se presentan en la actualidad.

La ingeniería del software es una actividad intensiva en conocimiento, dado que en general los ingenieros de software requieren una muy amplia variedad de áreas de conocimiento que es difícil que una sola persona las domine. Debido a esto, existen trabajos que han tratado de establecer propuestas sobre lo que necesitan conocer los ingenieros de software, tales como el SWEBOK (Software Engineering Body of Knowledge), que es la certificación de la ingeniería de software de la IEEE.

La IEEE en el SWEBOK busca definir las materias que los ingenieros de software deben saber a partir de 4 años de práctica [2]. Por otro lado SEEK (Software Engineering Education Knowledge), al igual que SWEBOK establece ciertos tópicos que un alumno de Ingeniería de software debe dominar al momento de egresar de la ingeniería [3].

Dependiendo de las actividades, la experiencia y los conocimientos del desarrollador de software, podría encontrarse una relación con el conocimiento específico que necesitará en ciertas etapas de su desarrollo profesional.

En Rodríguez [1], se realizó un análisis sobre la administración del conocimiento con aplicación en mantenimiento de software, y se observó que existe una posible relación medible entre el tiempo de experiencia y las necesidades de conocimiento que pueden tener los encargados de desarrollo y mantenimiento de software. Al parecer, cuando son novatos tienden a aprender aspectos técnicos, conforme van adquiriendo experiencia sus necesidades de conocimiento van cambiando hasta llegar a ser expertos y se enfocan en cómo interactúa el usuario con el sistema.

En esta investigación se llevó a cabo un estudio en la región para identificar los conocimientos que requieren los ingenieros de software y determinar si estas necesidades varían en función del tiempo y la experiencia.

El resto de este artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se desarrolla el sustento teórico necesario para llevar a cabo la investigación, fundamentado por autores competentes en la materia y concentrando todos los conceptos que serían

184 Leonel Ulises Ortega-Encinas, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, Ignacio Fonseca-Chon, José Miguel Rodríguez-Pérez, Sonia Regina Meneses-Mendoza

útiles para los fines de estudio planteados. La sección 3 describe la herramienta utilizada en la investigación. En la sección 4 se muestra un panorama general de los resultados que se obtuvieron de la encuesta, comportamientos y clasificación de los datos. La sección 5 muestra de forma clara los resultados analizados de la encuesta, dando pasos a futuras investigaciones sobre el tema. Finalmente la sección 6 presenta las conclusiones del trabajo.

2 Marco Teórico

2.1 El Conocimiento.

Nonaka y Takeuchi [5] identificaron al conocimiento en dos vertientes: la primera de ellas es el explícito, el cual se enuncia por medio de palabras y números, y el conocimiento tácito que es el conocimiento que obtenemos a partir de hechos pasados y nos ayuda a resolver problemas o tomar acciones ante las situaciones que se nos presentan en nuestro medio ambiente. El conocimiento tácito a su vez, puede segmentarse en dos dimensiones: una es la técnica o conocimiento procedimental (saber cómo) desarrollada con la experiencia, es dinámica y nos permite realizar alguna actividad; y la otra es el cognitivo o conocimiento declarativo (saber qué) y es la habilidad exployada con esquemas, creencias y percepciones sobre objetos, eventos, personas, etc.

2.2 El Conocimiento en la Ingeniería de Software

Un ingeniero de software siempre se encuentra en una intensiva toma de decisiones al construir o brindar mantenimiento a un software determinado, esto revela que el conocimiento es considerado una necesidad importante para ellos, ya que se ha convertido en un capital necesario para la toma de las mejores decisiones. Todo esto presentado a lo largo de su carrera como desarrolladores de software, debiendo poseer un cierto nivel de discernimientos para desempeñar un rol óptimo en la empresa.

En la literatura existen investigaciones que sugieren cuáles son los conocimientos que un ingeniero de software debe poseer. Youhong Yang [6] establece que para los estudiantes de ingeniería, el conocimiento profesional es importante, pero aún más importante convertir el conocimiento profesional en competencia profesional, ya que si no se tiene la capacidad de utilizarlos para analizar y resolver problemas prácticos, no es posible completar las tareas donde son aplicados de forma profesional demostrando una capacidad para lograrlo.

Desde otra perspectiva, Anna Hart [7] cita a Dreyfus y Dreyfuss al argumentar el progreso desde las capacidades que representa un principiante que camina a niveles experto. Mientras que los novatos tienden a aceptar los hechos, en pocas palabras exhibir un comportamiento que sigue reglas, los expertos tienden a actuar de forma más intuitiva, no aceptan las reglas, y se comportan de una manera comúnmente llamada

“patternmatching” (Reconocimiento, mapeo de patrones). Esta autora, pone en claro que un ingeniero se encuentra obligado a poseer ciertas habilidades necesarias para desempeñar su trabajo de manera concisa, sin importar el nivel en el que se encuentre, mencionando como principales a la paciencia, la determinación, el pensamiento lógico, el tacto, la empatía, la versatilidad, la creatividad, el ingenio y la humildad.

Buscando detectar los intereses de los ingenieros de software, Lethbridge [4] realizó un estudio donde la mayoría de los participantes respondieron una encuesta por medio de una página web con 75 temas seleccionados de estudios universitarios y las propuestas iniciales del SWEBOK (Software Engineering Body of Knowledge) [2]. El estudio indica que materias como matemáticas, física y química no tienen verdadera importancia entre los participantes y contrariamente temas como lenguajes de programación específicos, estructura de datos, diseño de software y patrones, etc.; representan necesidades de primera mano para ellos. Lethbridge invita a las empresas desarrolladoras de software a aplicar el estudio que él plantea en la empresa, obteniendo para cada una, la versión propia y así descubrir las necesidades particulares de la empresa.

Más tarde, Kitchenham [11] replicó el estudio de Lethbridge [4] buscando evaluar el grado de educación entregada por cuatro universidades del Reino Unido de las cuales egresan alumnos para la industria del software. Al evaluar el método, como derivación, la encuesta tuvo una tasa de respuestas deficientes, reduciendo el valor de los resultados, a pesar de eso, se propuso una metodología de estudio distinta a la de Lethbridge y al aplicar la modificación, el nuevo estudio confirmó algunas de las observaciones de Lethbridge con respecto a la falta de interés en temas de matemáticas y el énfasis en temas de negocios. Los temas con mayor importancia del estudio de Kitchenham diferían a los temas identificados por Lethbridge. La tabla 1 muestra una comparativa de los 10 temas principales en cada estudio.

Tabla 1. Comparativa temas de mayor importancia Kitchenham y Lethbridge.

Estudio Lethbridge	Estudio Kitchenham
Lenguajes de programación específicos	Interacción persona-ordenador/ interfaces de usuario
Estructura de datos	Gestión de proyectos
Diseño de software y patrones	Bases de datos
Arquitectura del software	Sistemas operativos
Requerimientos de recopilación y análisis	Requerimientos de recopilación y análisis
Conceptos orientados a objetos y tecnología	Lenguajes de programación específicos
Interacción persona-ordenador/ interfaces de usuario	Estructura de datos
Análisis y diseño de métodos	Arquitectura del software
Gestión de proyectos	Transmisión de datos y redes

Pruebas, verificación y aseguramiento de la calidad	Análisis y diseño de métodos
---	------------------------------

3 Métodos y Materiales

3.1 Elaboración de la Encuesta

Se diseñó una encuesta cuyo objetivo fue conocer cuáles son las necesidades de conocimiento que existe en ingenieros de software que laboran en Hermosillo, Sonora. La encuesta se compuso de 3 partes, la primera de ella solicitaba los datos generales del encuestado, en la parte central se ubicaban las preguntas relacionadas con la profesión y por último, una evaluación de tópicos de ingeniería de software; basados en una escala Likert [9] con valores que van del 1 al 5 respondiendo el impacto que tuvo dicho tópico en la escuela, en su trabajo y por supuesto en la carrera profesional como desarrollador.

Los tópicos seleccionados para la tercera parte de la encuesta, correspondieron a un análisis previo que se realizó en el marco teórico, donde se seleccionaron aquellos temas en los cuales convergen la mayoría de los autores, además, los tópicos seleccionados se encontraron referenciados en alguna de las 10 áreas del SWEBOK [2] contemplando las 8 disciplinas que lo componen y del cuerpo de conocimiento denominado SEEK [3]. Se agregó un grupo de “Softskills”, que pretende conocer la importancia que se le da a este tema en las empresas, al desarrollar estas habilidades. Anna Hart [8], Frank Moti [10] las consideran fundamentales para la formación del ingeniero de software. Al final se seleccionaron 77 tópicos divididos en 17 grupos, que posteriormente fueron integrados en el diseño de la encuesta.

Para cada uno de los 77 tópicos se hicieron tres preguntas, cada una de las cuales se respondió usando una escala Likert:

¿Qué tanto lo aprendiste en la escuela?

¿Qué tanto lo aprendiste en el trabajo?

¿Qué tan importante ha sido en tu carrera como desarrollador de software?

3.2 Elección de la Población Objetivo.

Finalizado el diseño de la encuesta se procedió a obtener el tamaño de la muestra. Como no existen datos acerca del número de desarrolladores de software que se encuentran activos hasta la fecha en la ciudad, la unidad de la muestra para el estudio se definirá como el número de “Empresas desarrolladoras de software” registradas.

Las empresas que participarían en la aplicación de la encuesta debían de cumplir con las siguientes características:

- Empresas que laboren en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México.
- Por lo menos 3 años de operación en la ciudad.
- Deberá contar por lo menos con 20 personas laborando en la empresa.

- Deberán de trabajar para empresas trasnacionales.
- Ser un núcleo de contratación de ingenieros de software recién egresados de las universidades del estado.

Las empresas que cumplieron con estos criterios para participar en el estudio fue-ron las siguientes:

- Nearsoft.
- Tiempo Development.
- Qualisys.
- Vangtel.

Debido al resultado de la estratificación se decidió aplicar el instrumento en 4 em-presas encausadas al giro sobre desarrollo de software, de ellas se obtuvo una relación aproximada sobre la cantidad de desarrolladores que tienen actualmente trabajando. Nearsoft y Tiempo development se estima que hay 50 desarrolladores, mientras que Vangtel 12 y 8 desarrolladores de Qualisys. En base a la aproximación obtenida se enviaron un total de 120 encuestas. Las cuales fueron recolectadas en un lapso no mayor a 90 días.

4 Resultados de la Aplicación de la Encuesta

Como se mencionó la sección anterior, se contabilizaron un total de 120 cuestionarios enviados entre 4 empresas, de las cuales, únicamente regresaron contestados 88, lo que significa que 32 encuestas no fueron respondidas, representando un 26.6% faltante en la muestra. Con el fin de equilibrar los tamaños de muestra se decidió estratificar a la muestra en 3 grupos que comprenden distintos periodos de experiencia en el desarrollo del software, en la tabla 2 se muestran los tamaños de muestra para cada grupo.

Tabla 2. Tamaño de muestra por grupos. Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la encuesta aplicada.

Grupo	Experiencia (años)	N
1	0 – 3	32
2	3 – 7	33
3	7 en adelante	23

Tabla 3. Datos recabados en escala Likert con porcentajes Fuente: Elaboración propia

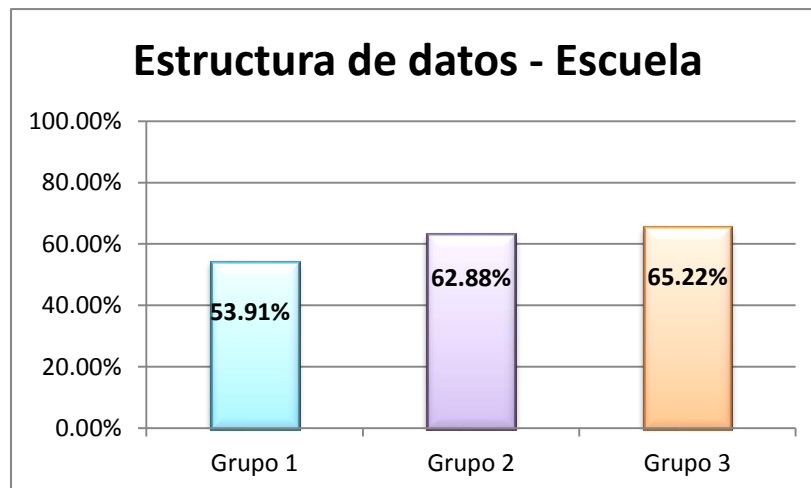
Estructura de datos	Respuestas Escala Likert					Total
	1	2	3	4	5	
3.1.1_ Experiencia						
Grupo 1	2	3	9	6	11	31
Grupo 2	1	3	3	7	17	31

188 Leonel Ulises Ortega-Encinas, Oscar Mario Rodríguez-Elías, Ignacio Fonseca-Chon, José Miguel Rodríguez-Pérez, Sonia Regina Meneses-Mendoza

Grupo 3		1	0	2	6	14	23
Experiencia	Valor total	Valor máximo		Total	Porcentaje		
Grupo 1	83	124		0.6694	66.94%		
Grupo 2	98	124		0.7903	79.03%		
Grupo 3	78	92		0.8478	84.78%		
Total	259	340		0.7618	76.18%		

La tabla 3 muestra el vaciado de datos para el tópic acerca de la estructura de datos (3.1.1) relacionado con el porcentaje de importancia con relación a la experiencia. La primera parte muestra el número asociado a la cantidad de respuestas en cada una de las diferentes opciones y la segunda parte de la tabla muestra los porcentajes representativos de estos, los cuales se calcularon mediante la ponderación de las respuestas obtenidas de cada grupo, las respuestas 1 al 5 en escala Likert toman un valor ponderado de 0 a 4 respectivamente, el valor total es calculado por la suma de respuestas ponderadas de cada grupo y el valor máximo es determinado por la puntuación máxima ponderada que puede obtener el tema, es decir todo el grupo coincide en que el tema es muy importante. El porcentaje es calculado dividiendo el valor total entre el valor máximo multiplicado por 100. Finalmente se obtuvo un porcentaje en la fila "Total" el cual representa la importancia general del tema, basado en la suma de los resultados ponderados de los 3 grupos aplicando el análisis descrito anteriormente.

Utilizando dichas tablas, se procedió a la graficación particularizada de cada una de ellas, con esto, fue posible la apreciación visual llegando a una descripción analítica detallada en referencia a los comportamientos correspondientes a escuela, trabajo y experiencia, resultando 3 gráficas por cada uno de los temas evaluados. La gráfica 1 muestra el tópic de estructura de datos, estratificando cada uno de los grupos como se mencionó anteriormente.



Gráfica 1 Vaciado de resultados referente al tema (3.1.1) Estructura de datos.

De los resultados obtenidos se detectaron 5 tipos de comportamientos:

1. Su importancia aumenta con el tiempo: Se observa una clara diferencia entre el grupo con menos experiencia y el grupo que tiene mayor grado de ella, ya que el primero otorga menor importancia al tópico determinado, en comparación con el grupo de experiencia elevada.

2. Su importancia es igual a través del tiempo: Se observa un comportamiento similar entre los grupos manteniendo una importancia equivalente entre ellos, en algunos casos hay ligeras variaciones pero no son significativas por lo tanto fueron considerados en este comportamiento.

3. Su importancia disminuye con el tiempo: Se observa una clara diferencia entre el grupo con menos experiencia y el grupo que tiene mayor grado de ella, ya que el primero otorga mayor importancia al tópico determinado, en comparación con el grupo de experiencia elevada.

4. Su importancia fluctúa hacia la baja: se observa cómo los ingenieros con menor grado de experiencia proporcionan mayor importancia hacia ciertos temas con respecto a los de experiencia media y estos a su vez proporcionan menor importancia sobre los que tienen mayor experiencia.

5. Su importancia fluctúa hacia la alza: se observa cómo los ingenieros con menor grado de experiencia proporcionan menor importancia hacia ciertos temas con respecto a los de experiencia media y estos a su vez proporcionan mayor importancia sobre los que tienen mayor experiencia.

Finalmente los temas se enlistaron de mayor a menor importancia de acuerdo al porcentaje correspondiente de importancia en experiencia de acuerdo al porcentaje total obtenido.

5 Discusión.

En la sección anterior se detectaron 5 tipos de comportamientos los cuales cambian a través del tiempo en base a la experiencia del desarrollador y se determinó el nivel de importancia para los tópicos percibida por los desarrolladores de software mediante un promedio de importancia general para cada tema, mismos que se ordenaron por importancia para conocer cuáles son los temas considerados más importantes en la región.

De los 17 grupos incluidos en la encuesta la mayoría de sus temas se adapta a uno de los 5 comportamientos descritos en la sección anterior, por ejemplo para el primer comportamiento (aumenta con el tiempo) los grupos que muestran dicha tendencia son: Diseño de software en general, tiempo real y programación de sistemas, probabilidad y estadística, algebra lineal y matrices, administración y desarrollo de proyectos y las softskills. Segundo comportamiento (igual a través del tiempo): Otras ingenierías eléctricas e informáticas, matemáticas continuas. Tercer comportamiento (decrementa con el tiempo): Tecnicas de aplicación especializada, tiempo real y programación de sistemas, equipos informáticos, taller de investigación y softskills. Cuarto comportamiento (fluctúa hacia la baja): Métodos de ingeniería de software, gestión del software, teoría de la ciencia de ordenadores y matemáticas discretas y por último el quinto comportamiento (fluctúa hacia la alta): Diseño de software en general y ciencias naturales.

En base a los porcentajes obtenidos en la importancia general por tema, a continuación se muestran los 10 más importantes:

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1.- Pensamiento Lógico | 6.- Proactividad y Toma de decisiones |
| 2.- Resolución de problemas | 7.- Trabajo bajo presión |
| 3.- Trabajo en equipo | 8.- Ética Profesional |
| 4.- Comunicación oral y escrita | 9.- Autoorganización |
| 5.- Responsabilidad | 10.-Conceptos y tecnología orientados a objetos |

Como se mencionó anteriormente, en este estudio se consideró un grupo de softs-kills (habilidades blandas) que Lethbridge y Kitchenham no tomaron en cuenta. Se incluyeron 12 softskills y 9 de ellas se encuentran en los 10 temas más importantes.

Para extrapolar los datos se decidió excluir las softskills para comparar los resultados con los de estudios previos. A continuación, en la tabla 4 se muestra una comparativa de los 10 temas más importantes.

Tabla 4. Comparativa de estudio con Lethbridge y Kitchenham. Fuente: Elaboracion propia

Estudio Lethbridge	Estudio Kitchenham	Nuestro Estudio
Lenguajes de programación específicos	Interacción persona-ordenador/ interfaces de usuario	Conceptos orientados a objetos y tecnología
Estructura de datos	Gestión de proyectos	Bases de datos
Diseño de software y	Bases de datos	Lenguajes de programación

patrones		específicos
Arquitectura del software	Sistemas operativos	Diseño de software y patrones
Requerimientos de recopilación y análisis	Requerimientos de recopilación y análisis	Arquitectura del software
Conceptos orientados a objetos y tecnología	Lenguajes de programación específicos	Pruebas, verificación y aseguramiento de la calidad
Interacción persona-ordenador/ interfaces de usuario	Estructura de datos	Interacción persona-ordenador/ interfaces de usuario
Análisis y diseño de métodos	Arquitectura del software	Requerimientos de recopilación y análisis
Gestión de proyectos	Transmisión de datos y redes	Diseño de algoritmo
Pruebas, verificación y aseguramiento de la calidad	Análisis y diseño de métodos	Confiabilidad de software y tolerancia a fallas

Como se puede apreciar en la tabla 4, los temas que resultaron mas importantes en nuestro estudio también son considerados en otros estudios, 8 de los 10 temas más importantes coinciden con los otros estudios, además el tema que ocupo la posición no 11 en nuestro estudio (Estructura de datos) es considerado dentro del top 10 de los estudios de Lethbridge y Kitchenham, con lo que se puede concluir que las necesidades de conocimiento de los desarrolladores de software en México son similares a las que presentan estudios anteriores realizados en otra partes del mundo.

6 Conclusiones

Cómo se observa en la sección anterior, las necesidades de conocimiento de los desarrolladores de software en el estado de Sonora parecen ser similares a las que presentan estudios realizados en otros países. Esto nos lleva a observar que el solventar dichas necesidades de conocimiento permitiría a los desarrolladores ser competitivos a nivel internacional.

Adicionalmente, dada esta similitud, podríamos suponer que también en el plano internacional las softskills están volviéndose más importantes que los conocimientos técnicos, al menos para el área de la ingeniería de software. Por otra parte, se observó que existen temas de conocimiento cuya importancia varía en función del tiempo de experiencia de los desarrolladores, algunos tienden a aumentar, mientras que otros disminuyen. Es necesario realizar un análisis más detallado de éstos comportamientos y de las áreas de conocimiento que los presentan con el fin de proponer posibles

192 Leonel Ulises Ortega-Encinas, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, Ignacio Fonseca-Chon, José Miguel Rodríguez-Pérez, Sonia Regina Meneses-Mendoza

interpretaciones a los mismos, no obstante, podemos concluir que los datos sugieren que existen patrones identificables con respecto a la variación de las necesidades de conocimiento de los desarrolladores en función del tiempo de experiencia.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo otorgado por la DGEST por la beca No. 20110000007. Este proyecto fue parcialmente financiado por PROMEP (Oficio PROMEP/103.5/12/4633), y por el Tecnológico Nacional de México con recursos asignados según oficio 513.1/2171/2014.

Referencias

1. Rodríguez Eliás, Oscar M.. (2006). "Metodología para el diseño de sistemas de administración del conocimiento: su aplicación en mantenimiento de software." Centro de investigación y educación superior de ensonada.
2. IEEE Computer Society, "Guide to the software engineering body of knowledge: 2004 version", SWEBOK, www.swebok.org
3. IEEE/ACM, Software Engineering 2004 – "Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering – A Volume of the Computing Curriculum Series", Joint Task Force on Computing Curricula – IEEE Computer Society and Association for Computing Machinery.
4. T. Lethbridge. (2000). "What knowledge is important to a software professional?" *Computer*, vol. 33, pp. 44-50.
5. Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1995): "The knowledge-creating company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation." Oxford University Press. New York.
6. Youhong Yang. (2011). "The design and operation of engineering education modular curricular system" 2011 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC). pp. 5874–5877.
7. Hart, A. (1990a). "Advances in knowledge engineering: do we need psychologists or engineers?" *Computing & Control Engineering Journal*, (September), pp. 209-213.
8. Hart, A. (1990b). "The way forward for knowledge elicitation - psychologist or engineer?" *Sources and Training of Knowledge Engineers*, IEE Colloquium on. pp. 1-3.
9. Méndez, L., & Peña, J. (2006). "Manual práctico para el diseño de la escala likert". Universidad Autónoma de Nuevo León-UANL. pp. 1-95, ISBN: 9789682475542.
10. Frank, M.: Characteristics of engineering systems thinking - a 3D approach for curriculum content. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C (Applications Rev.* 32, 203–214 (2002).
11. Kitchenham, B., Budgen, D., Brereton, P., Woodall, P.: An investigation of software engineering curricula. *J. Syst. Softw.* 74, 325–335 (2005).
12. Porter, M.E. (1990, 1998) "The Competitive Advantage of Nations", Free Press, New York, 1990.

Una Estrategia para Gestionar el Conocimiento: Caso Empresa Comercializadora

Alonso Perez-Soltero, Ana Gabriel Zavala-Guerrero, Mario Barcelo-Valenzuela, Gerardo Sanchez-Schmitz

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

aperez@industrial.uson.mx, anagabriel_zg@outlook.com,
mbarcelo@industrial.uson.mx, gsanchez@industrial.uson.mx

Resumen. Debido a que el conocimiento se perfila como el principal recurso estratégico en el siglo XXI, empresas tanto del sector manufacturero, como de servicios han empezado a introducirse y aplicar la gestión del conocimiento (GC). Este trabajo tiene como objetivo emplear la GC mediante el desarrollo e implementación de una estrategia de gestión del conocimiento (EGC) para aprovechar el conocimiento del personal con experiencia dentro de una empresa del sector comercial. Entre los principales resultados obtenidos se encuentra el desarrollo de una metodología que permitió la definición de las actividades de los procesos del área de comercialización, la identificación de personal experto, la preservación del conocimiento y puesto a disposición de los empleados dentro de la empresa, y un esquema de capacitación para dar respuesta a cambios a los que se enfrente la organización.

Palabras Clave: Conocimiento, gestión del conocimiento, estrategia, empresa comercializadora.

1 Introducción

Las organizaciones se encuentran actualmente inmersas a constantes cambios y altos niveles de competitividad. Por consiguiente, la existencia de las empresas en el mercado se debe a diversas razones que permiten que esto suceda, entre éstas está el contar con personal que desempeña su trabajo valiéndose del conocimiento y experiencia que posee.

Aunado a ello, uno de los retos que se requiere para que las empresas sigan permaneciendo activas es llevar a cabo elementos estratégicos que permitan la creación de ventajas competitivas por medio de la GC y que al mismo tiempo se logre potenciar el

Alonso Perez-Soltero, Ana Gabriel Zavala-Guerrero, Mario Barcelo-Valenzuela, Gerardo Sanchez-Schmitz, *Una Estrategia para Gestionar el Conocimiento: Caso Empresa Comercializadora*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barcelo-Valenzuela, Oscar Mario Rodriguez-Elias, Germán-Alonso Ruiz-Dominguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 193-207, 2014.

conocimiento inmerso en las personas y en la organización con el objetivo de que éste se encuentre a disposición de los demás. En este sentido, desarrollar e implementar una EGC permite a las empresas aprovechar de la mejor manera uno de los activos más importantes dentro de ésta, “el conocimiento”. Tomando como referencia que una EGC se basa en el diseño estratégico para procesos de creación, archivo, transferencia y aplicación del conocimiento en la organización, con la finalidad de lograr los objetivos a alcanzar que ayuden a mantener una ventaja competitiva[1], así como el desarrollo de una variedad de herramientas de GC, la creación y transferencia eficaz de conocimiento, la adquisición oportuna de éste, así como la contribución a la base de conocimiento organizacional, son estrategias eficaces para gestionar el conocimiento. En este sentido, dentro de la GC se presentan dos tipos de estrategias: la codificación representando el 80%, donde el conocimiento es codificado y almacenado en base de datos; y la personalización representando el 20%, aquí el conocimiento está estrechamente vinculado a las personas que lo desarrollan y es compartido a través de contacto directo[2]. Por otro lado, no toda estrategia que se implemente en una organización tiene que llevar como resultado final la documentación del conocimiento, sino que también la gestión de éste puede ser aprovechado durante la interacción entre los individuos que se relacionan entre sí. Aunado a lo anterior, se propone desarrollar una metodología que se establece como una secuencia de fases y pasos para el desarrollo e implementación de la EGC, la cual tiene como objetivo principal la identificación, preservación y uso del conocimiento de los procesos importantes involucrados al comercializar productos y/o artículos. Dicha metodología se realiza a partir de tomar aspectos importantes tomados de revisiones de otras metodologías, elementos que pueden considerarse en una estrategia, procesos de GC, entre otros. La implementación de la estrategia se lleva a cabo con el desarrollo de cada una de las fases que contempla la EGC, la cual está conformada por tres fases concernientes a identificar, preservar y utilizar el conocimiento de los procesos del área de interés. Entre los principales resultados obtenidos se encuentra la definición de las actividades de los procesos del área de comercialización (encontrado en mapas de conocimiento), el conocimiento preservado a disposición de los empleados dentro de la empresa (en una herramienta de software llamada Seafile, que además sirve como herramienta de trabajo), un esquema de capacitación para dar respuesta a cambios a los que se enfrente la organización, la identificación de personal experto (páginas amarillas).

Lo anterior, también contribuye a dar respuesta a cambios internos de personal y/o procesos, y sirve como una base para lograr una futura expansión de la organización.

En este artículo se contempla un marco de referencia en el cual se tratan temáticas que fundamentan el desarrollo del estudio, descripción del problema presente en la empresa comercializadora, desarrollo de la solución donde se muestra la metodología empleada y la aplicación de la misma, y por último, se muestran los resultados y conclusiones obtenidos con el desarrollo de la solución. A continuación se describen cada uno de los apartados que contempla este trabajo.

2 Marco Teórico

En este apartado se contempla una revisión de la literatura que apoye el desarrollo del artículo, teniendo como propósito fundamental el realizar una recopilación de información de lo ya investigado. Los temas a desarrollar son: EGC, herramientas para gestionar el conocimiento, diseño e implementación de una EGC, sus ventajas y desventajas, y fases o pasos a considerar en una EGC. A continuación se muestra el desarrollo de cada una de las secciones que conforman el presente apartado.

2.1 Estrategia de Gestión del Conocimiento (EGC)

El creciente interés por el conocimiento de las organizaciones en la última década ha traído consigo un mayor enfoque en el papel de la EGC [3].

En esencia, el enfoque y la pertinencia de las EGC en las organizaciones es mejorar todos los procesos de la GC: Creación, codificación, transferencia y reutilización [4]. En este sentido, las EGC tienen como objetivo implementar intervenciones y habilitadores para alinearse con los procesos de GC, ya sea internos o externos a la organización [5].

Muchos han sido los intentos para identificar y describir los enfoques y elementos principales que forman parte de una EGC [6]. Entre los principales estudios se encuentran los realizados por Zack (1999), Hansen et al. (1999) y Earl (2001), quienes han propuesto diferentes perspectivas sobre la estrategia de gestión. Zack sugirió una propuesta donde se analizan las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FODA) de la organización [7]. Mientras tanto Hansen y otros autores propusieron un enfoque de personalización y codificación de EGC centrado en la estructuración del conocimiento de la organización en cuanto a los aspectos humanos y de tecnología [2]. Por su parte, Earl introdujo ciertas EGC en donde la tecnología, los mapas y los procesos son el foco de la perspectiva de los sistemas y redes [8].

En este sentido, una EGC conlleva involucrar elementos que van enfocados a preservar el conocimiento no solamente de manera tecnológica, sino también socializarlo y emplear herramientas simples que permitan gestionar el conocimiento de la manera más práctica y sencilla que se pueda.

2.2 Herramientas Utilizadas para Gestionar el Conocimiento

Siendo la GC aquella que busca construir de manera consciente, conformar y explicar el conocimiento dentro de una organización, y aquella que lleva a cabo los procesos para crear, almacenar, transferir y utilizar el conocimiento, requiere del uso de herramientas (instrumentos) que ayuden a cada proceso de GC a lograr un mejor aprovechamiento del conocimiento.

Las herramientas sirven para digitalizar y hacer accesible el conocimiento recogido, así como también, permiten la difusión y rápido acceso al conocimiento. Entre las herramientas para gestionar el conocimiento se encuentran las bases de datos, sistemas de

196 Alonso Perez-Soltero, Ana Gabriel Zavala-Guerrero, Mario Barcelo-Valenzuela, Gerardo Sanchez-Schmitz,

expertos, bases documentales, intranets, software, entre otras[9].De acuerdo al tipo de proceso de GC que se desee abordar, existe una clasificación de los tipos de herramientas que pueden emplearse para gestionar el conocimiento y resolver la problemática que se presente [10].De manera que, una clasificación de los tipos de herramientas que existen relacionados con los procesos o problemas que se presenten en la GC, permite ayudar a comprender las herramientas de GC y a tomar mejores decisiones. A continuación en la tabla 1 se muestra una clasificación de las herramientas de acuerdo a ocho procesos asociados con la GC. Al mismo tiempo esta tabla es dividida en tres niveles enfocados a áreas de conocimiento dirigidos al logro de un objetivo, así como considerándose con más utilidad a la GC.

Tabla 1. Clasificación de las herramientas de GC. Adaptada de Holland y Dawson (2011).

	Fuente de señalización	Buscar	Creación/Innovación	Validación	Almacenamiento	Transferencia/Distribución	Colaboración/Intercambio	Representación/Análisis
Propósito principal de la herramienta	Directorio de expertos	Minería de datos	Lluvia de ideas	Clasificación	Bases de datos	Blogs	Comunidades de práctica	Ontologías
		Motores de búsqueda	Minería de datos	Comentarios	Lecciones aprendidas	E-mail	Tablero de discusiones	xml
			Mapas mentales		Hoja de cálculo	Tutoría	Foro	
			Estadísticas		Wiki	Portales	Videconferencias	
						Comentarios	Wiki	
Un valor añadido		Sistema de gestión de documentos	Comunidades de práctica	Foro	Calendario electrónico	Comunidades de práctica	Lluvia de ideas	Bases de datos
		E-mail			E-mail	Foro	E-mail	Mapas mentales
					Portales			
No es un resultado garantizado	E-mail		Foro		Blogs		Asesoría	Portal

La tabla 1 muestra claramente cuáles son las herramientas apropiadas para cada proceso del conocimiento y proporciona una opción para elegir, incluyendo las herramientas de Tecnologías de la Información (TI), herramientas que no son de TI, herramientas recientes y las herramientas que no siempre se asocian a problemas de GC.

En base a la clasificación que se hace en relación a las EGC, existen instrumentos de GC que permiten ser empleados en el desarrollo e implementación de una EGC. La tabla 2 muestra un mapa para el diagnóstico y la medición de la orientación de una empresa sobre GC. Utilizando este mapa, una empresa puede distinguir entre estrategias de personalización y codificación, y medir hasta qué punto la empresa está orientada a la explotación del conocimiento cara a cara o la explotación y reutilización del conocimiento codificado [11].

Tabla 2. Instrumentos de GC y Estrategias.

Instrumentos de GC y Estrategias	
Estrategia de Codificación	Estrategia de Personalización
Sistema de apoyo a las decisiones	Iniciativas de transferencia de conocimiento espontáneo
Groupware	Mentoring
Repositorios de documentos	Equipos/Comunidades de práctica
Mapas de conocimiento	Groupware
Flujos de trabajo	Video conferencia
Bases de datos compartidas	Páginas amarillas
	Foros de discusión

2.3 Diseño e Implementación de una EGC, sus Ventajas y Desventajas

La estrategia presenta dos partes esenciales: el diseño y la implementación. El diseño o formulación de la estrategia es un proceso colectivo que se sustenta en desarrollar y aplicar competencias distintivas, difíciles de imitar. Por su parte la implementación de la estrategia posee dos categorías: 1. la dirección y administración, que incluye la cultura organizativa; y 2. la implementación operacional, que considera apoyo administrativo, recompensas, mejores prácticas entre otros [12]. De manera que el llevar a cabo el diseño de una EGC, requiere de un análisis de los procesos de GC, las herramientas que pueden ser empleadas, así como también ver qué aspectos o elementos son importantes de contemplar a la hora de realizar el diseño, ya que si bien el éxito de la implementación del diseño de la EGC, dependerá entonces de generar una estrategia encaminada a lograr los objetivos de una organización así como a gestionar el conocimiento que hoy en día ayuda a ser más competitivos en el mercado.

La nueva economía, la globalización, así como las tecnologías son elementos que han logrado que la GC vaya adquiriendo cada vez más importancia. El llevar a cabo el desarrollo e implementación de una EGC, trae consigo una serie de ventajas y desventajas que son importantes de conocer.

Entre las ventajas que se encuentran al introducir la GC están: Optimizar el flujo de información y conocimiento dentro de la empresa, en donde se evita la duplicidad de tareas, islas de conocimiento e información, entre otros, además de ello se fomenta la satisfacción del personal y se saca el máximo rendimiento del conocimiento que posee, también se incrementa el capital intelectual y se obtiene un modelo de gestión que permita mejorar la posición competitiva [13]. En cuanto a las desventajas de llevar a cabo una EGC o bien de adentrar la GC en una organización según Distefano se encuentran la falta de compromiso de los empleados, la cultura, compartir el conocimiento, ya que éste se encuentra en la mente de las personas; así como también se considera como desventaja medir los resultados, esto debido a lo que conlleva demostrar el valor que tiene para la empresa el implementar una iniciativa de GC. El saber qué capturar se considera también una tarea difícil de realizar, debido a que no todo el conocimiento o información que se tiene es importante o valioso para la empresa y como última desventaja se encuentra lograr que el conocimiento sea utilizable [14].

2.4 Fases o Pasos a Considerar en una EGC

Como una metodología para la extracción del conocimiento, Matos y otros autores referencia al grupo de Integración y Re-Ingeniería de Sistemas (IRIS) de la Universidad Jaume I quienes dan a conocer la metodología denominada KM-IRIS, para dirigir el proyecto de desarrollo de un Sistema de GC[15]. Esta metodología consta de las siguientes cinco fases las cuales son las que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Metodología KM-IRIS para la extracción del conocimiento a partir de datos. Matos et al. (2006).

Fases	Objetivo	Técnica/Herramienta
Identificar	Seleccionar las bases de datos que puedan aportar la información necesaria para obtener el conocimiento.	Experiencia de los expertos.
Extraer	Ensamblar datos desde fuentes dispares, enriqueciéndolos de manera que cree información valiosa.	Herramientas ETL/ Data Warehouse.
Procesar	Construir por medio de algoritmos de Minería de Datos, modelos de comportamiento.	Minería de Datos
Almacenar	Validar, seleccionar y mantener los modelos de comportamiento.	Minería de Datos/ Experiencia del Ingeniero del Conocimiento.
Compartir	Poner a disposición de la Organización el conocimiento descubierto.	Portal del Conocimiento.

3 Descripción del Problema

La empresa objeto de estudio se encuentra ubicada en la ciudad de Hermosillo, Sonora y tiene como giro principal la comercialización de productos y equipo industrial, en donde se llevan a cabo un gran número de actividades y funciones involucradas para comercializar los artículos.

Esta organización es considerada como mediana empresa, contando con 37 empleados, constituida al mismo tiempo por tres empresas. Una prestadora de servicios, otra dedica a la fabricación de prendas personalizadas y la dedicada a la comercialización de artículos y equipo industrial, dirigidos a la industria minera, maquiladora, aeronáutica y automotriz. Eligiéndose ésta última como objeto de estudio para implementar la EGC, ya que esta área es la fuente principal de ingresos y es donde se realiza un gran número de procesos y funciones involucradas para comercializar los artículos.

Dicha empresa contempla planes de expansión y actualmente se encuentra en proceso de cambios internos. Desde los inicios de la misma, nunca ha desarrollado estrategias para gestionar y aprovechar el conocimiento del personal que cuenta con experiencia en las diferentes áreas y procesos que se involucran en el desempeño del trabajo, es decir, ha dejado de lado la preservación, documentación, transferencia del conocimiento entre las

mismas personas, impidiéndose con ello dar un paso firme al crecimiento interno y a la posible expansión de la misma organización.

4 Desarrollo de la Solución

Para lograr dar solución al problema presentado en la empresa objeto de estudio, se llevó a cabo el desarrollo de una EGC donde se contemplan de manera integradora procesos de GC para lograr gestionar adecuadamente el conocimiento de los procesos del área analizada. La implementación de la estrategia se lleva a cabo con el desarrollo de cada una de las fases que contempla la EGC.

La EGC se lleva a cabo a partir de una metodología conformada por tres fases concernientes a identificar, preservar y utilizar el conocimiento de los procesos del área de interés. La figura 1 muestra cada una de las fases que conforman la estrategia, las cuales se desarrollan como parte de la metodología a seguir para llevar a cabo la implementación.

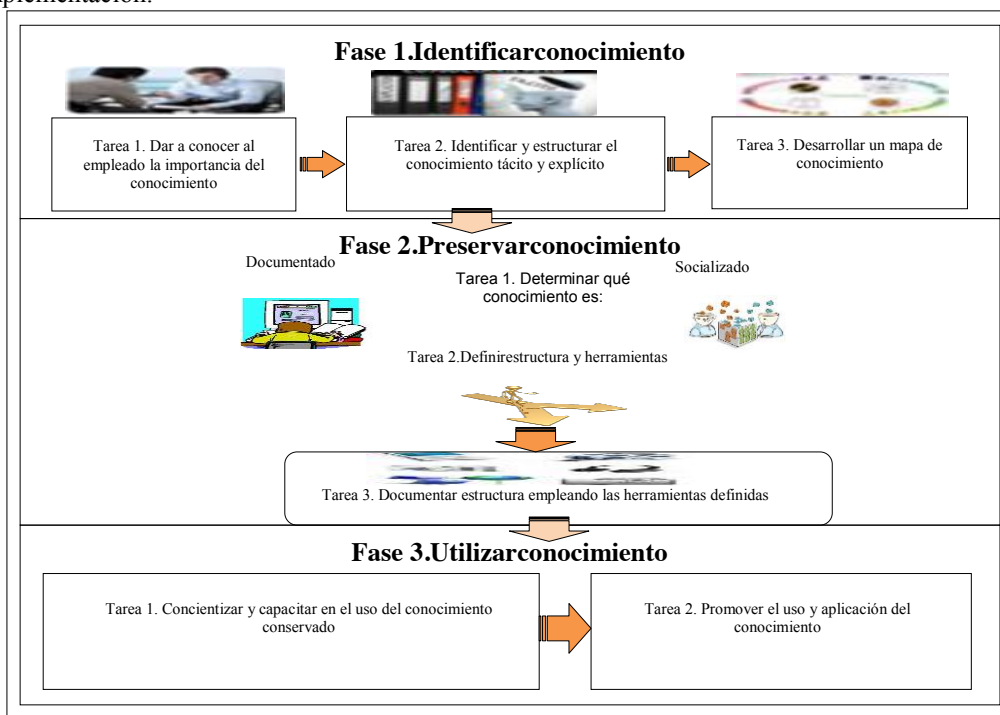


Figura 1. Metodología para el desarrollo e implementación de la EGC.

200 Alonso Perez-Soltero, Ana Gabriel Zavala-Guerrero, Mario Barcelo-Valenzuela, Gerardo Sanchez-Schmitz,

A continuación se define cada una de las fases que contempla la EGC para gestionar el conocimiento dentro de área objeto de estudio.

Fase 1. Identificar conocimiento. El objetivo de esta fase es identificar el conocimiento tanto tácito como explícito que se encuentra dentro del área de interés, para posteriormente resguardarlo mediante estrategias que permitan retener el conocimiento y aprovecharlo para un desarrollo y crecimiento futuro de la organización. De manera que, se busca conocer el conjunto de elementos esenciales a identificar, asociado esto con procesos, actividades, manuales, procedimientos, considerándose como conocimiento que se encuentra de manera tangible, así como también localizar el conocimiento intangible o tácito de los expertos, relacionado con experiencias, habilidades, modelos mentales, que el personal posee. Para desarrollar esta fase se emplean herramientas como entrevistas, páginas amarillas, mapas de conocimiento, entre otras.

Fase 2. Preservar el conocimiento. Esta fase está relacionada a uno de los procesos de GC el cual es capturar o bien conservar el conocimiento que existe dentro de los procesos del área estudiada, buscando que el conocimiento se encuentre disponible para los empleados, y que quede como base para posibles cambios dentro de la empresa, así como también que el mismo conocimiento sea transferido entre los empleados para que éste pueda ser aplicado y utilizado cuando estos lo requieran. Para ello, se requiere determinar qué conocimiento debe ser documentado y cuál socializado. A partir de esto, se lleva a cabo la definición de la estructura del conocimiento, es decir, realizar una taxonomía del conocimiento que ha sido identificado y tomando en cuenta cual es codificado y socializado. Como resultado de esto se obtiene un documento que muestre la estructura del conocimiento. Por consiguiente, se determina qué tipo de herramienta se emplea para preservar el conocimiento de acuerdo a la forma en que éste se encuentra (tácito o explícito). La determinación se realiza en base a los tipos de herramientas que se hayan revisado y de acuerdo a las características que dicha herramienta posee para conservar el conocimiento. Aunado a ello se documenta la estructura definida en la herramienta determinada.

Fase 3. Utilizar el conocimiento. Consiste en hacer uso adecuado del conocimiento que ha sido capturado en base a la documentación y socialización, promoviendo con esto un esquema de respuesta ante los nuevos cambios que presente la organización. Para ello, se requiere concientizar y capacitar en el uso del conocimiento conservado, esto puede ser por medio de una reunión individual con cada persona del área de interés, en donde se concientice al personal y se dé a conocer la manera en cómo el conocimiento queda conservado, así como también, se les puede hacer saber el tipo de conocimiento que existe, quién lo posee, cómo puede acceder a él, qué tipo de herramienta es la empleada para conservarlo, entre otros aspectos; para ello se puede emplear un plan de capacitación para el uso del conocimiento como herramienta de apoyo. Aunado a esto, se debe de promover el uso y aplicación del conocimiento mediante el estímulo al empleado en el uso y estableciendo este proceso de GC como parte de sus procesos de trabajo.

5 Resultados

Para validar la EGC, fueron implementadas las tres fases correspondientes en la empresa comercializadora. A continuación se da una descripción de cómo fueron llevadas a cabo las fases y los resultados obtenidos.

Fase 1. Identificar el conocimiento. En esta fase se dio a conocer a los empleados la importancia del conocimiento, se identificó y estructuró el conocimiento tácito y explícito. Esto a partir de realizar juntas con los encargados del área, de la aplicación de una entrevista a los empleados para conocer las habilidades, experiencias y conocimiento que poseen, entre otros aspectos; de solicitar los expedientes de los empleados de los procesos elegidos para conocer la experiencia que tienen y la formación académica y con ello conocer que más saben y manejan. A raíz de esta información, se desarrollaron páginas amarillas (véase figura 2) y mapas de conocimiento (véase figura 3) para cada empleado de los procesos de comercialización, esto fue documentado para uso posterior, teniéndose con ello la representación del conocimiento existente, con la finalidad de identificar el conocimiento que poseen los empleados responsables del proceso. A continuación se define cada una de las fases que contempla la EGC para gestionar el conocimiento dentro de área objeto de estudio.

Fase 1. Identificar conocimiento. El objetivo de esta fase es identificar el conocimiento tanto tácito como explícito que se encuentra dentro del área de interés, para posteriormente resguardarlo mediante estrategias que permitan retener el conocimiento y aprovecharlo para un desarrollo y crecimiento futuro de la organización. De manera que, se busca conocer el conjunto de elementos esenciales a identificar, asociado esto con procesos, actividades, manuales, procedimientos, considerándose como conocimiento que se encuentra de manera tangible, así como también localizar el conocimiento intangible o tácito de los expertos, relacionado con experiencias, habilidades, modelos mentales, que el personal posee. Para desarrollar esta fase se emplean herramientas como entrevistas, páginas amarillas, mapas de conocimiento, entre otras.

Fase 2. Preservar el conocimiento. Esta fase está relacionada a uno de los procesos de GC el cual es capturar o bien conservar el conocimiento que existe dentro de los procesos del área estudiada, buscando que el conocimiento se encuentre disponible para los empleados, y que quede como base para posibles cambios dentro de la empresa, así como también que el mismo conocimiento sea transferido entre los empleados para que éste pueda ser aplicado y utilizado cuando estos lo requieran. Para ello, se requiere determinar qué conocimiento debe ser documentado y cuál socializado. A partir de esto, se lleva a cabo la definición de la estructura del conocimiento, es decir, realizar una taxonomía del conocimiento que ha sido identificado y tomando en cuenta cual es codificado y socializado. Como resultado de esto se obtiene un documento que muestre la estructura del conocimiento. Por consiguiente, se determina qué tipo de herramienta se emplea para preservar el conocimiento de acuerdo a la forma en que éste se encuentra (tácito o explícito). La determinación se realiza en base a los tipos de herramientas que se hayan revisado y de acuerdo a las características que dicha herramienta posee para conservar el

202 Alonso Perez-Soltero, Ana Gabriel Zavala-Guerrero, Mario Barcelo-Valenzuela, Gerardo Sanchez-Schmitz,

conocimiento. Aunado a ello se documenta la estructura definida en la herramienta determinada.

Fase 3. Utilizar el conocimiento. Consiste en hacer uso adecuado del conocimiento que ha sido capturado en base a la documentación y socialización, promoviendo con esto un esquema de respuesta ante los nuevos cambios que presente la organización. Para ello, se requiere concientizar y capacitar en el uso del conocimiento conservado, esto puede ser por medio de una reunión individual con cada persona del área de interés, en donde se concientice al personal y se dé a conocer la manera en cómo el conocimiento queda conservado, así como también, se les puede hacer saber el tipo de conocimiento que existe, quién lo posee, cómo puede acceder a él, qué tipo de herramienta es la empleada para conservarlo, entre otros aspectos; para ello se puede emplear un plan de capacitación para el uso del conocimiento como herramienta de apoyo. Aunado a esto, se debe de promover el uso y aplicación del conocimiento mediante el estímulo al empleado en el uso y estableciendo este proceso de GC como parte de sus procesos de trabajo.

Nombre y apellidos	Angélica Aquilaga	
Puesto	Crédito, Cobranza Y Facturación	
Área	Comercialización	
Teléfono y Ext.	Tel: 557014-6360 Ext: 205	Grado académico: -Técnico en Informática -Licenciado en comercio internacional y aduanas
Correo Electrónico	coleccionista@harco.com.mx	Experiencia: -Manejo de cuentas por cobrar -Atención a cliente -Elaboración de estados de cuentas -Elaboración de pedidos -Administración de inventarios -Compras -Software SAP
Categoría de Conocimiento	Área de Conocimiento Específica	
Título y explito	Contabilidad Aduanas Cobranza y Créditos	

Figura 2. Ejemplo de página amarilla.

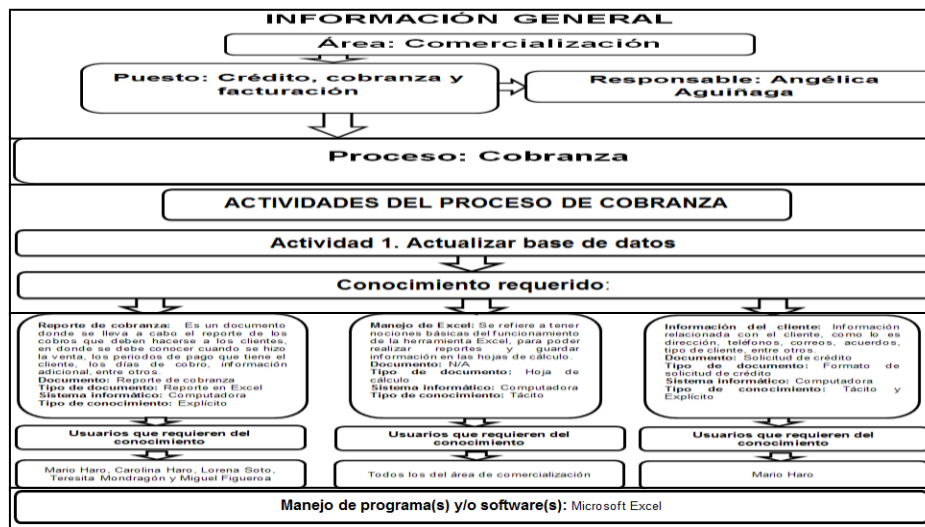


Figura 3. Ejemplo de mapa de conocimiento.

Fase 2. Preservar el conocimiento. Se llevó a cabo la determinación de qué conocimiento sería documentado y cual socializado a partir de la información obtenida en fase 1. Para determinar esto, se realizó una selección del conocimiento, el cual consistió en llevar a cabo un proceso de evaluación y filtro del conocimiento explícito o tácito. Quienes determinaron esto, fueron el/los responsable(s) de la organización, del área de comercialización y empleados de esta área, debido a que ellos son los que determinan qué conocimiento es más importante de conservar y de la manera en que éste puede ser más factible de estar a disposición de los demás. A partir de esto se definió una estructura del conocimiento (véase figura 4), realizándose una clasificación del conocimiento y con ello un bosquejo de la información, documentos y conocimiento de lo que manejan los trabajadores para desempeñar su puesto de trabajo.

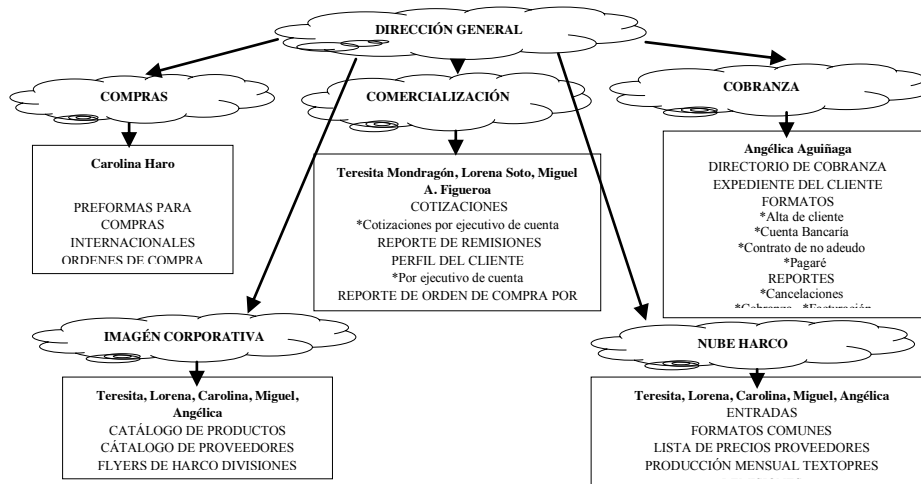


Figura 4. Estructura del conocimiento identificado.

Como otro de los resultados obtenidos se determinaron las herramientas empleadas para preservar el conocimiento de acuerdo a la forma en que se identificó que este debía de ser conservado, en este caso con apoyo de mapas de conocimiento y páginas amarillas, las cuales sirven para identificar el conocimiento existente en los puestos de trabajo o bien en los procesos. Además de ello, se buscó emplear una herramienta que sirviera para preservar el conocimiento que fue identificado de manera conjunta, esto debido a que la localización del conocimiento y/o información era conocida únicamente por quien manejaba dicha información y/o conocimiento. Para ello se buscó una herramienta informática que fuese factible de adquirir por la empresa y fácil de utilizar por los empleados. Se optó por elegir Seafile, la cual permite crear una red privada para utilizarse en el ámbito laboral o entre amigos.

A raíz de lo anterior, se documentó la estructura empleando las herramientas definidas.

Para la documentación del conocimiento y/o información de la estructura, se dirigió con los empleados para explicarles el uso de la herramienta y la estructura en que se tendría el conocimiento y/o información en su lugar de trabajo.

A continuación se muestra cómo quedó la estructura del conocimiento preservado en la herramienta (véase figura 5).

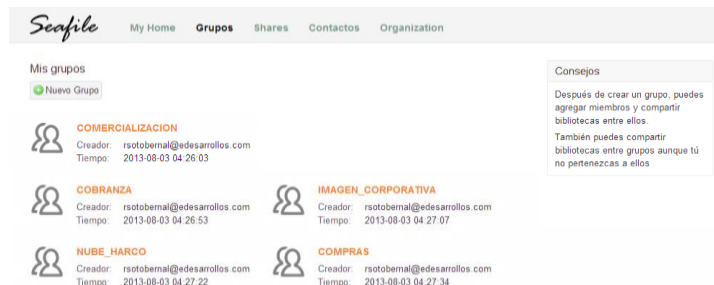


Figura 5. Estructura del conocimiento en la herramienta Seafile.

A partir de esta figura mostrada se puede ver cómo fue definida la estructura del conocimiento, se logró documentar en un software que permite la preservación del conocimiento y/o información, así como la sincronización del mismo para compartirse con los demás miembros.

Fase 3. Utilizar el conocimiento. Se concientizó y capacitó al personal en el uso del conocimiento conservado, esto se hizo personalmente con cada uno de los empleados responsables de los procesos del área determinada. El plan de capacitación consistió en dar a conocer a cada empleado la identificación del personal que maneja el conocimiento y/o información del puesto que desempeña, el conocer la localización del conocimiento y/o información, el saber qué conocimiento y/o información está preservado y qué tipo de conocimiento y/o información es. También se dio a conocer para qué se usa dicho conocimiento preservado. Todo esto para crear y mantener un ambiente donde se pueda dar respuesta a los cambios que se presenten en la empresa, o bien a situaciones en las que se requiere del conocimiento de los demás para responder al cliente. Además de ello, se promovió el uso y aplicación del conocimiento a través de diferentes medios, entre ellos el correo electrónico para avisar a cerca de actualizaciones. Se dieron a conocer las circunstancias presentadas que requirieron de hacer uso y aplicación del conocimiento que había sido preservado y se hizo hincapié en que este proceso de gestión formaría parte de sus procesos de trabajo para seguir preservando el conocimiento y generando mejoras.

6 Conclusiones

Se obtuvo la identificación de personal experto en la realización de los procesos del área de comercialización, se estructuró el conocimiento gestionado y se hizo uso de éste para dar respuesta a cambios internos que se presentaron dentro de la empresa, lo cual sirvió para dar respuesta a los clientes de una manera más rápida, pudiéndose entonces por medio de la EGC obtener mejoras en el desempeño del trabajo de los procesos aplicados al comercializar un producto y/o artículo. Con este caso de aplicación se observa que la implementación de una EGC en las organizaciones es de gran importancia, ya que permiten aplicar herramientas que faciliten gestionar el conocimiento existente en ellas.

Por otro lado, hay que tomar en consideración los factores de posibles fracasos que pueden presentarse a la hora de aplicar una EGC, ya que se requiere de la participación activa del personal para garantizar el éxito de la EGC, por lo que es importante involucrarlos desde las primeras etapas del desarrollo de este tipo de proyectos.

Referencias

1. Donate, M. M. J. y Guadamillas, G. F. Estrategia de Gestión del Conocimiento y Actitud Innovadora en Empresas de Castilla-La Mancha. Un Estudio Exploratorio. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 16, 31-54 (2010).
2. Hansen, M. T., Nohria, N. y Tierney, T. What's Your Strategy for Managing Knowledge? *Harvard Business Review*, 1-11 (1999).
3. Bosua, R. y Venkitachalam, K. Aligning strategies and processes in knowledge management: a framework. *Journal of Knowledge Management*, 17, 3, 331-346 (2013).
4. Bettioli, M., Di Maria, E. y Grandinetti, R. 2012. Codification and creativity: knowledge management strategies in KIBS. *Journal of Knowledge Management*, 16, 4, 550-562 (2012).
5. Choi, B. y Lee, H. Knowledge management strategy and its link to knowledge creation process. *Expert Systems with Applications*, 23, 173-187 (2012).
6. Kumar, A.J. y Ganesh, L.S. Balancing knowledge strategy: codification and personalization during product development. *Journal of Knowledge Management*, 15, 1, 118-135 (2011).
7. Zack, M.H. Developing a knowledge strategy. *California Management Review*, 41, 3, 125-145 (1999).
8. Earl, M. Knowledge management strategies: towards a taxonomy. *Journal of Management Information Systems*, 18, 1, 215-233 (2001).
9. Nieves, L. Y. y León, S. M. La gestión del conocimiento: una nueva perspectiva en la gerencia de las organizaciones. *SciELO*, 9 (2001).
10. Holland, S. & Dawson, R. Classification and selection of tools for quality knowledge management. *Springer*, 19, 393-409 (2011).
11. Meroño-Cerdan, A. L., Lopez-Nicolas, C. y Sabater-Sánchez, R. 2007. Knowledge management strategy diagnosis from KM instruments use. *Journal of Knowledge Management*, 11, 2, 60-72 (2007).
12. Rodríguez-Ponce, E., Pedraja-Rejas, L., Delgado, M. y Rodríguez-Ponce, J. Gestión del Conocimiento, Liderazgo, Diseño e Implementación de la Estrategia: Un Estudio Empírico en Pequeñas y Medianas Empresas. *Ingeniería. Revista chilena de ingeniería*, 18, 373-382 (2010).
13. Blanco, M., Cabrera, P., Gómez, K. y Palma, J. Gestión del Conocimiento. Available from: <http://google.over-blog.es/article-28516117.html> 2013] (2009).
14. Distefano, E. L. La Gestión del Conocimiento en la Empresa. Universidad de Belgrano (2002).

15. Matos, G., Chalmeta, R. R. y Coltell, O. Metodología para la Extracción del Conocimiento Empresarial a partir de los Datos. *Información Tecnológica*, 17, 81-88 (2006).

Clasificación y Recuperación Automática de Fuentes de Conocimiento

Miguel Ángel Romero-Ochoa, Mario Barceló-Valenzuela, Gerardo Sánchez-Schmitz,
Alonso Pérez-Soltero

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N
CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
mbarcelo@industrial.uson.mx, miguel.romero@industrial.uson.mx
, gsanchez@indsutrial.uson.mx, aperez@industrial.uson.mx

Resumen: Dentro de las organizaciones se cuenta con información indispensable para el desarrollo de las mismas. Ésta comprende entre otras, al conocimiento organizacional, el cual es vital para facilitar las tareas diarias a los empleados. Para facilitar la clasificación y recuperación de las diversas fuentes de información donde se encuentra contenido el conocimiento organizacional, es necesario un Sistema de Gestión de Conocimiento, los cuales son aquellos apoyados por tecnologías de información. La propuesta actual, consiste en el desarrollo de un sistema vía web, la cual puede ser empleada en cualquier tipo de empresa que desee hacer uso de tecnologías para gestionar su información. Finalmente se tiene la recuperación de información almacenada en distintas categorías.

Palabras clave: Gestión de conocimiento, Sistema de gestión de conocimiento, Recuperación de conocimiento, Fuentes de conocimiento.

1 Introducción

La capacidad con la que cuentan las organizaciones para utilizar eficientemente su conocimiento y distribuirlo a todas sus áreas, resulta ser un importante determinante para la ventaja competitiva de las mismas y, cada vez, éste será más crítico para su éxito y supervivencia [1]. La implementación de un sistema que gestione el conocimiento organizacional generalmente requiere de herramientas que den soporte a este proceso, facilitando el flujo de información entre los diferentes elementos que conforman un grupo de trabajo, por ello, la selección e implementación de estas herramientas tecnológicas se convierte en un factor para apoyar la gestión de conocimiento (GC)[2].

Miguel Ángel Romero-Ochoa, Mario Barceló-Valenzuela, Gerardo Sánchez-Schmitz, Alonso Pérez-Soltero, *Clasificación y Recuperación Automática de Fuentes de Conocimiento*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Germán-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 208-214, 2014.

La clasificación se puede utilizar en todos los ámbitos de nuestra vida, la cual ayuda a categorizar cada elemento de datos dentro de un conjunto predefinido de clases o grupos [3]. Cómo objetivos de este trabajo de investigación se tiene el poder clasificar información de manera automática (basada en reglas de algoritmos de clasificación automática) y posteriormente recuperarla cuando sea solicitado. En la estructura del presente, primeramente se plasman conceptos generales relacionados a gestión del conocimiento, sistemas de gestión de conocimiento, repositorios y fuentes de conocimiento. Posteriormente, se plantea la problemática existente así como la propuesta de solución. Finalmente se presentan los resultados y conclusiones.

2 Marco Teórico

En ésta sección se presentan aspectos conceptuales relacionados básicamente a: Gestión de Conocimiento, Sistemas de Gestión de Conocimiento, Repositorios y Fuentes de Conocimiento.

2.1 Gestión de Conocimiento (GC)

Una de las estrategias para aprovechar el conocimiento que poseen las organizaciones, es utilizando la GC, la cual es la construcción y aplicación sistemática, explícita y deliberada de conocimiento para maximizar la efectividad organizacional con respecto al conocimiento al utilizar este tipo de activos intangibles [4].

La GC es el proceso mediante el cual las organizaciones agregan valor a sus activos utilizando el conocimiento, haciendo evidente que la GC está directamente relacionada con el proceso de identificación, adquisición y mantenimiento de los conocimientos que son esenciales para la organización [5].

Mientras que las metodologías y herramientas de la GC se encuentran en continua evolución, los conceptos fundamentales de acceso al conocimiento y la recuperación de información se mantienen sin cambios. No importa si lo que se solicita es de una tabla de registros, de un modelo de elementos finitos, de una red neuronal, de un documento de texto, de imágenes etc., la operación básica requerida para obtener la información y/o conocimiento de cualquiera de las fuentes puede llegar a ser modelada como una función que convierte un conjunto de argumentos de entrada (solicitud de información) en un conjunto de argumentos de salida (información solicitada). Cualquiera de las funciones analizadas puede ser definida como fuente de conocimiento [6].

2.2 Sistemas de Gestión de Conocimiento (KMS)

Lo que es nuevo y emocionante dentro del área de la GC, es la posibilidad de poder utilizar tecnologías de la información, por ejemplo: internet, intranets, navegadores, almacén de datos, filtrado de datos y agentes de software[7]. El conocimiento ha sido

considerado un factor clave dentro de una organización, por lo que su efectiva administración es fundamental para desarrollar nuevas ventajas competitivas. Para poder llevar a cabo lo anterior, un gran número de organizaciones ha comenzado a participar en iniciativas de GC así como en invertir en KMS [8]. La gran demanda de KMS incluye la capacidad de las organizaciones para poder ser flexible y responder rápidamente a las cambiantes condiciones del mercado, así como su potencial para una mejor toma de decisiones y productividad [9].

Con un KMS funcional, las administraciones pueden maximizar sus recursos relacionados a conocimiento organizacional debido a que serían capaces de utilizar, acumular, compartir y crear conocimiento de gran importancia [10]. Un KMS debe proporcionar la información /conocimientos adecuados para cumplir con claridad las necesidades de tareas de los distintos tipos de usuario [11-12].

2.3 Clasificación

La clasificación como un proceso de categorización de información. Para establecer las categorías, se requiere elaborar una base de entrenamiento previa, la cual contiene la información de las diferentes clases. Si se cuenta con un objeto y se desea saber si pertenece a una de las clases, se identifican los atributos más significativos y se evalúa qué tan semejantes son a los atributos de la base de entrenamiento [13].

2.4 Fuentes de Conocimiento

Para gestionar y almacenar el conocimiento dentro de las organizaciones se puede recurrir a distintas fuentes, entre ellas se tienen:

Texto: La clasificación de texto, implica la asignación de un conjunto de palabras dentro de un documento a una serie de clases pre-definidas de manera automática, mediante la utilización de alguna técnica de aprendizaje máquina. Se necesita etiquetar los datos para poder clasificar [14].

Imagen: Representación visual, mental o verbal de un objeto real o imaginario. Atravesan por tres procesos: producción, circulación y recepción. Su significado llega a ser el resultado de múltiples relaciones sociales, morales, religiosas, entre otras [15].

Audio: Es cualquier grabación, propia o ajena, realizada de forma magnética o digital presentada en distintos soportes (CD, MP3, entre otros). Puede ser “puro” o contener una serie de sonidos mezclados [16].

Vídeo: Pueden ser definidos como la luz eléctrica que, al generarse, contiene en sí misma información visual por lo que sería posible afirmar que el simple hecho de que un texto se vea en una pantalla por medio de señales eléctricas que contienen información visual constituye una forma del video. Pueden aplicarse distintos métodos para llevar a cabo su clasificación [17].

3 Descripción del Problema

Dentro de las organizaciones existe gran cantidad de información contenida en distintas fuentes de conocimiento. Conforme pasa el tiempo, la información con que se cuenta está en constante aumento, lo que provoca que al quererla recuperar sea difícil hacerlo.

Buscar información y no saber dónde encontrarla, es el principal problema que tienen las organizaciones. En ciertas ocasiones, resulta en pérdidas de tiempo para los empleados, molestias para los clientes (al estar esperando) o incluso suele decidirse volver a elaborar la información que se está buscando. Con lo anterior, se define el problema como un deficiente entorno organizacional donde es muy difícil o incluso imposible organizar y recuperar información contenida en diversas fuentes de conocimiento. En base a ello, se desea solucionar éste problema con ayuda de Tecnologías de Información.

4 Propuesta de Solución

Esta consiste en clasificar y recuperar el conocimiento organizacional de forma automática. Se pretende llevar a cabo mediante la elaboración de un sistema vía web, desarrollado en el lenguaje de programación php, el cual analice de manera automática el contenido del archivo cargado en el sistema (texto, audio, vídeo o audio). Para su recuperación se hará mediante la implementación de un buscador implementado en el mismo sistema. La figura 1 muestra el proceso de clasificación y recuperación de las fuentes de conocimiento.

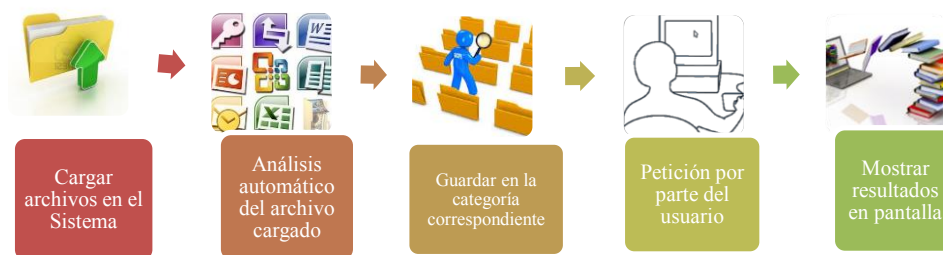


Figura 1. Modelo conceptual del sistema de clasificación y recuperación de conocimiento (elaboración propia)

En primera instancia, el sistema agrupa de manera automática los archivos según su contenido y tipo de fuente (texto, audio, vídeo, imagen). Por otro lado, el sistema cuenta con una interfaz gráfica, la cual permite al usuario visualizar lo que éste desee encontrar.

La clasificación automática de las diversas fuentes de información estará basada en algoritmos de clasificación automática: el “algoritmo clasificador vecino k más cercano” y el “algoritmo clasificador reglas de decisión”. De manera inicial, el sistema necesita ser “entrenado” por un usuario experto. En base a lo anterior, el sistema clasificará la información en la categoría donde más se asocie su contenido.

La recuperación de conocimiento consta de tres etapas:

- **Petición por parte del usuario:** El usuario debe de introducir en el buscador del Sistema lo que desee encontrar. Puede escribir una o varias palabras con el fin de obtener resultados más precisos.
- **Encontrar coincidencias de búsqueda:** El sistema compara de manera automática lo que el usuario haya introducido en su búsqueda, en caso de encontrar coincidencias con los archivos contenidos en el sistema, éstos serán mostrados al usuario.
- **Mostrar resultados en pantalla:** En base a las coincidencias encontradas en el paso previo, el sistema de información muestra en pantalla los resultados obtenidos. Si el sistema encuentra la información en una o más fuentes de información (texto, imagen, audio, vídeo), podrán ser seleccionadas y consultadas por el usuario.

5 Resultados y Beneficios Esperados

Categorizar de forma automática la información gestionada por los usuarios que hacen uso del sistema web propuesto, genera beneficios a la organización: será mucho más fácil poder cargar información y organizarla según su contenido.

Con la implementación de un Sistema de Información que ayude a gestionar el conocimiento organizacional, se espera que cualquier tipo de información que se encuentre dentro del repositorio, sea de fácil acceso para los usuarios. Lo anterior impacta de manera directa en reducir los tiempos con respecto en cómo los usuarios organizan la información electrónica, así como en la forma en que éstos son presentados, evitando así, tener información desorganizada.

La interfaz de usuario del sistema propuesto es amigable y fácil de usar, pues cuenta con opciones de búsqueda intuitivas. Con el fin de verificar si el Sistema Web propuesto funciona correctamente se llevaron a cabo diversas pruebas, las cuales consistían en cargar diferentes tipos de archivos, verificando si éstos eran clasificados en las categorías correspondientes y posteriormente buscarlos con ayuda de la interfaz propuesta. Los resultados obtenidos fueron los esperados: Los archivos cargados en el sistema se almacenaron en la categoría correspondiente y el usuario encontró lo que realmente solicitaba.

La figura 2 muestra la interfaz del sistema donde el usuario puede encontrar las diversas fuentes de información que se encuentran en el sistema. La primer columna muestra la descripción de los archivos, la segunda el tipo de archivo que es, en la tercera

se muestra la categoría a la cual pertenece (la cual fue asignada de forma automática por el sistema) y en la última el usuario puede consultar, actualizar o eliminar la información.

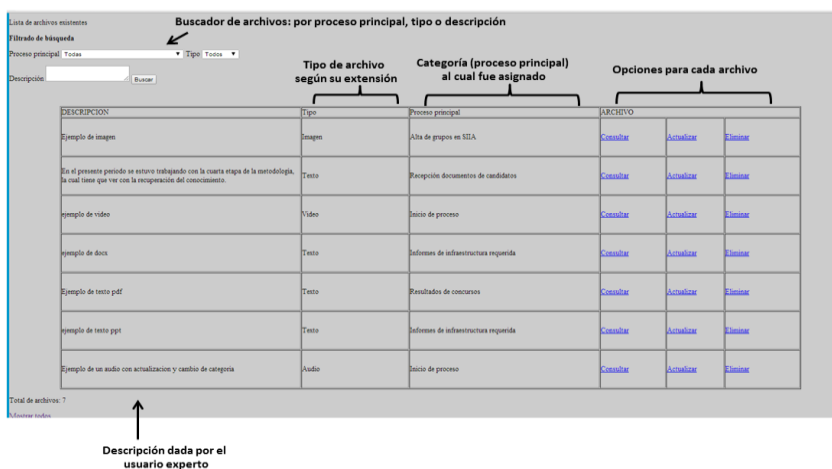


Figura 2. Interfaz del sistema web elaborado

En la parte superior de la interfaz pueden visualizarse las diversas opciones de filtrado con las que se cuentan: por categoría, por tipo o por descripción.

6 Conclusiones

Hacer uso de Sistemas de Gestión de Conocimiento, suele ser una ventaja significativa para las organizaciones, ya que conforme pasa el tiempo, éstas cuentan con un mayor número de información a gestionar. Organizarla y encontrarla en el momento preciso, puede llegar a ser una tarea complicada. La implementación del Sistema web propuesto da solución a la problemática antes mencionada: de inicio, el sistema necesita ser “entrenado” por un usuario experto para que posteriormente haga la clasificación de los archivos cargados (con respecto a su contenido y tipo de extensión) de manera automática. Con respecto a la recuperación de la información que está contenida en el sistema, basta con ingresar a él y realizar la búsqueda de lo que se desee obtener. Las opciones de búsqueda para los diversos tipos de archivos son tres: mediante el tipo de archivo (texto, audio, vídeo o imagen), por su descripción o en base a la categoría a la que pertenezca: todas las opciones pueden ser combinadas para realizar búsquedas más precisas. Guardar información de manera automática dentro de las categorías correspondientes, permitió que los usuarios no expertos pudieran almacenar la información en el sistema sin ser conocedores en el tema.

Toda organización cuenta con información contenida en distintas fuentes de conocimiento, pero realmente son pocas las que utilizan sistemas de información que ayude a gestionar de manera ordenada cada uno de sus archivos. Es importante crear conciencia organizacional acerca de la adquisición de nuevas tecnologías con el fin de poder organizar y encontrar la información de manera rápida y precisa. Este tipo de sistemas también ayuda a la compartición de conocimiento dentro de los miembros de la organización así como no generar dependencia hacia ninguno de los miembros, ya que todos los archivos se encuentran contenidos dentro de un repositorio de conocimiento.

Referencias

1. Ichijo, K. y Kohlbacher, F.: Global Knowledge Creation – The Toyota Way. *Int. J. Automotive Technology and Management*, 7, pp. 116-134 (2006).
2. Ramírez, P. N. y Martín, M. A.: Herramientas para la gestión del conocimiento. *Categoría Administración, Gestión del Conocimiento*, pp. 1-34 (2003).
3. Vaithiyathan, V., Rajeswari, K., Tajane, K. y Pitale, R. Comparison of different classification techniques using different datasets. *International Journal of Advances in Engineering & Technology* (2013).
4. Wiig, K., Towe B. y Pizziconi V. Knowledge Management: Where Did It Come From and Where Will It Go?. *Expert Systems with Applications*, Vol. 13, pp 1.14 (1997).
5. Uriarte, F. A. Introduction to Knowledge Management. Jakarta, Indonesia: ASEAN Foundation (2008).
6. Bless, P., Klabjan, D. y Chang, S. Automated knowledge source selection and service composition. *Computational optimization and applications* (2012).
7. Alavi, M. y Leidner D. Knowledge management systems: Issues, challenges, and benefits. *Smith School of Business. Volume 1, Article 7* (1999).
8. O'Brien, J. y Marakas, G. *Management Information Systems*, 7th ed., McGraw-Hill International, New York, NY (2006).
9. Harris, D. Creating a Knowledge Centric Information Technology Environment, <http://www.htca.com/ckc.htm> (1996).
10. Kuo, R., Lai, M. y Lee, G. The impact of empowering leadership for KMS adoption. *Management Decision* (2011).
11. Kuo, R. y Lee, G. KMS adoption: the effects of information quality. *Management Decision*, Vol. 47 No. 10, pp. 1633-51 (2009).
12. Liu, D. y Wu, I. Collaborative relevance assessment for task-based knowledge support. *Decision Support Systems*, Vol. 44 No. 2, pp. 524-43 (2008).
13. Hernández, J., Ramírez, M., y Ramírez F. *Introducción a la Minería de Datos* (2004).
14. Dharmadhikari, S., Ingle, M., y Kulkarni, P. Analysis of semi supervised learning methods towards multi label text classification. *International Journal of Computer Applications*. Volumen 42- No. 16 (2012).
15. Soto, J. *Images, society and its decoding*. ISSN: 1578-8946 (2012).
16. Yu, G. y Slotine, J. *Audio classification from time-frequency texture* (2009).
17. Dimitrova, N. y Agnihotri, L. *Video classification using object tracking* (2011).

Análisis de Defectos en Uniones Soldadas Utilizando el Método de Elementos Finitos para Piezas Manufacturadas en la Industria Aeroespacial.

Ricardo Rodríguez-Carvaja¹, Ricardo Dustan-Benitez¹

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

Ricardo@industrial.uson.mx, Ricardo_Dustan@hotmail.com

Resumen: TecnodiAdvance S.A de C.V. es una empresa legalmente constituida en el Estado de Sonora, que tiene como finalidad la prestación de servicios integrales y soporte técnico en áreas de ingeniería e investigación, mediante la conceptualización, diseño, desarrollo y puesta en marcha de nuevos productos, con alto contenido innovador e impacto tecnológico considerable, que sean capaces de contribuir a mejorar los procesos productivos que actualmente se llevan a cabo en el sector industrial. Dado lo anterior, es de interés para la empresa el ofrecer servicios a las compañías del giro aeroespacial, servicios que puedan asegurar la calidad del producto procesado, utilizando técnicas y análisis como la técnica de ultrasonido industrial y el análisis por medio del método de elementos finitos, para evaluar previamente los componentes específicamente las que contienen uniones soldadas, con la finalidad de que el producto final cumpla con los requerimientos para el cual fue diseñado.

Palabras clave: Ensayos no destructivos, método de elementos finitos, ultrasonido industrial, Ingeniería asistida por computadora, diseño asistido por computadora.

1 Introducción

La principal línea de este proyecto estará dirigida al sector industrial y su propósito es el fortalecimiento de sus procesos claves para asegurar la calidad del producto procesado en aspectos referentes a la integridad estructural de los componentes fabricados.

En la actualidad, el cumplimiento de normas de calidad se ha convertido en parte fundamental de los procesos de producción de cualquier pieza, especialmente en aquellos

Ricardo Rodríguez-Carvajal, Ricardo Dustan-Benitez, *Análisis de Defectos en Uniones Soldadas Utilizando el Método de Elementos Finitos para Piezas Manufacturadas en la Industria Aeroespacial*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Germán-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 215-220, 2014.

manufacturados para su aplicación posterior como componente de una aeronave por los riesgos que implicaría el ensamblar componentes con uniones de soldadas defectuosas dentro de dichos equipos.

El presente proyecto consiste en un análisis por medio de método elementos finitos y la utilización de pruebas no destructivas como ultrasonido industrial con el fin de aplicar las sus ventajas y para evaluar la condición estructural del total de las piezas producidas en la industria aeroespacial. Con apoyo de estas técnicas y su aplicación se tendrá un despliegue de resultados óptimos para un control de calidad de los productos manufacturados con el propósito de dar paso a la construcción de un prototipo automatizado, para esto se requiere conocer y evaluar los defectos de calidad de una pieza manufacturada con uniones soldadas y evaluar los efectos que ocasionan fallas en la integridad estructural.

Como bien se sabe las pruebas no destructivas para los componentes manufacturados y en servicio de estas industrias, son una cuestión muy importante por la gran capacidad de estas. El tiempo requerido para inspección es crítico y un factor en el costo total especialmente cuando un cuando una aeronave ha impactado a tierra debido a un fallo específico del componente o en un entorno de fabricación cuando los componentes son sometidos a un control riguroso [1].

Las entidades de certificación requieren que los componentes de aeronaves expuestas deben ser probados para demostrar si su estructura es resistente a los impactos o al uso diario. [8]

Recientemente, las pruebas no destructivas como el uso de las técnicas a través de la instrumentación de ultrasonidos y el método de elementos finitos han demostrado una sorprendente capacidad del control de calidad para el material en industria de fabricación de componentes de aeronaves.[10] Por esta razón los objetivos de este proyecto serán primordiales en el ahorro de costos, tiempo, pero con mucho más énfasis en el salvaguardado de vidas de las personas que utilizan las aeronaves a través de un control de calidad estricto establecido por las técnicas ya mencionadas en el actual proyecto.

2 Marco Teórico

En este apartado se presentan las definiciones, conceptos de las técnicas y procesos que se seguirán para dar marcha al proyecto.

2.1 Ensayos No Destructivos

Estos métodos según [7] son eficaces para evaluar diversos defectos y / o las características de los en componentes aeroespaciales y estructuras metálicas de aviones. Se han utilizado en una variedad de aplicaciones, es decir, la inspección de defectos sub superficiales y características, la identificación de propiedades termo físicas, la detección del espesor del recubrimiento y las estructuras ocultas etc.

2.2 Método de Elementos Finitos

El análisis por elementos finitos (FEA, siglas en inglés de *FiniteElementAnalysis*) es una técnica de simulación por computador usada en ingeniería. Usa una técnica numérica llamada método de los elementos finitos (FEM). [4] Es bien sabido que la FEM consiste en una técnica numérica para encontrar soluciones aproximadas a ecuaciones parciales diferenciales de un sistema. Entonces, el sistema se divide en muchos subsistemas que producen una malla. Estos subsistemas son denominados elementos finitos; cada elemento finito tiene un determinado número de nodos en él una ecuación parcial diferencial lo resuelve. [5]

En la actualidad, hay una gran variedad de software para analizar y simular problemas de ingeniería reales que son bien conocidas bajo el término, ComputerAidedEngineering (CAE). La distribución de los esfuerzos y las tensiones de un sistema se puede conseguir utilizando este tipo de software. Solidworks®, Hoy en día, el software Solidworks® está siendo utilizado cada vez más para el diseño mecánico y la generación de trayectoria de la herramienta. Simulación es el módulo de Solidworks® que resuelve estos problemas a través de la aplicación de Método de Elementos Finitos (FEM).[5]

2.3 Ultrasonido Industrial

Los métodos no destructivos por ultrasonido visualizan la propagación de las ondas ultrasónicas en los sólidos y estas aplicables a las inspecciones de las estructuras de materiales compuestos para la desunión detecciones. [10]

La inspección ultrasónica emplea ondas sonoras de alta energía concentrada para señalar la existencia de fallas por defecto y dimensiones, esta determina las dimensiones geométricas y caracteriza las propiedades del material. Las aplicaciones incluyen la detección de daños por impacto y ubicación en vigas mixtas y detección de fisuras en estructuras metálicas reparadas. Además, se aplica para detectar daños por fatiga en fibra de carbono reforzado con epoxi (CFRP) materiales compuestos utilizados en las estructuras de aeronaves. [2]

2.4 Trabajo Previo

El objetivo principal del estudio de [9] fue la medición ultrasónica de espesor a través de tensiones residuales en la soldadura por fricción de las placas de aluminio. Un análisis de elementos finitos termo-mecánico 3D se utilizó para evaluar las tensiones residuales causadas por la soldadura por fricción-agitación de placas de aluminio. El modelo de elementos finitos se validó por el método de la perforación del agujero. Las tensiones residuales obtuvieron a partir del análisis de elementos finitos y luego se compararon con los obtenidos de la medición de la tensión ultrasónica.

3 Antecedentes y Descripción del Problema

El presente proyecto se realizará en la empresa TecnoAdvance S.A. de C.V. empresa ubicada en el estado de Sonora. Para que esta empresa pueda ofrecer su servicio integral de evaluación de la calidad de piezas en la industria aeroespacial es una necesidad construir un prototipo que evalúe la integridad estructural de las piezas con uniones soldadas, este prototipo automatizado debe contar con información con la que su sistema pueda decidir si una pieza pasa o no pasa el control de calidad, para esto es necesario un modelo de análisis empleando el método de elementos finitos para evaluar las piezas con uniones para estudiar el efecto que provocan las características geométricas de dichas fallas.

4 Propuesta de Solución

En base a lo anterior se tiene como propuesta desarrollar un modelo de análisis empleando el método de elementos finitos para evaluar defectos en uniones soldadas mediante la simulación de discontinuidades en la cadena de soldadura y estudiar el efecto que provocan las características geométricas de dichas fallas.

Para lograr esto, trabajaremos en el desarrollo teórico del modelo de EF, posteriormente elaborará una simulación usando un software CAE y CAD.

El diseño que tendrá la investigación se muestra a continuación:

I. Revisión literaria:

Revisión del estado del arte acerca de todos los tópicos a desarrollar en el proyecto.

II. Diseño de Probetas planas:

Se tendrá que diseñar y fabricar las probetas de prueba con defectos y sin defectos con las especificaciones geométricas y materiales que establezca la empresa por la empresa.

III. Diseño de experimentos:

Se elaborará un diseño de experimentos para determinar los parámetros de soldadura que más afectan a la calidad de las uniones soldadas.

IV. Análisis de probetas con ultrasonido industrial:

Elaborar un análisis para poder evaluar e identificar las características de los posibles defectos en las uniones soldadas en las probetas con fallas provocadas utilizando la técnica de ultrasonido industrial.

V. Pruebas a tensión:

Elaborar pruebas de tensión con la maquina universal en las probetas y documentar los datos que se tengas de la curva esfuerzo deformación de cada una.

VI. Análisis por FEM

Creación de un modelo de elementos finitos que permita simular las fallas detectadas y obtener resultados similares a las pruebas experimentales.

VII. Base de datos:

Creación de base de datos con diversos tipos de defectos y la variación de sus parámetros.

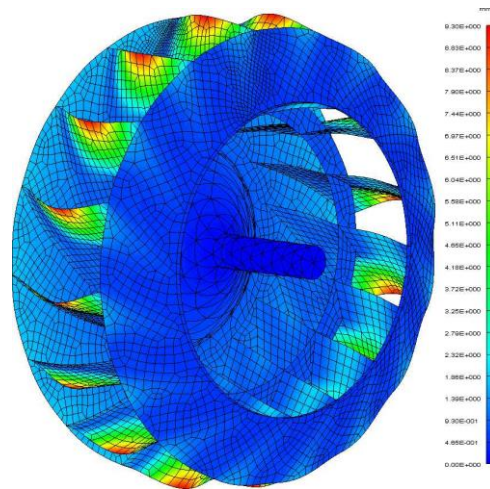


Figura 1. Uso de Software CAD y CAE en simulaciones de estrés en componentes.

Lo que se representa en la figura 1, es una simulación de estrés en un componente, nótese que el color rojo representa los puntos con mayor estrés.

5 Resultados y Beneficios Esperados

Con la implementación de las técnicas ya mencionadas se pretende tener un control de calidad más estricto de los componentes manufacturados en las industrias aeroespacial y aeronáutica.

Con este proyecto se espera que se obtengan algunos beneficios, como la optimización de materiales y ahorro de los costos en pruebas, así como también la disminución de fallas de los componentes adecuándolos con las especificaciones que marcan las normas y los análisis a tratar en este proyecto, además también dará paso a la construcción de un prototipo alimentándolo de datos para que este pueda validar las piezas en un línea de automatización mediante la detección de fallas en componentes con uniones soldadas por medio de ultrasonido industrial, esto para verificar si estos componentes pasan o no pasan el control de calidad.

6 Conclusiones

Actualmente la industria aeroespacial y aeronáutica está teniendo un crecimiento en México, es por eso que los proveedores trataran de mejorar sus técnicas de producción para proveer de mejores componentes a estas industrias. Tecnodi busca la manera de desarrollar nuevos servicios en donde se innove y construyan prototipos para evaluó de piezas. Este proyecto dará paso a la construcción de un prototipo mediante el análisis y aplicación de técnicas que puedan crear un base de datos que pueda servir como herramienta para su sistema, cuyo propósito de construcción será la reducción de los costos y una optimización resultados para el control de calidad de sus productos a beneficio del cliente final ofreciendo como factor primordial la salvaguarda de la vida de las personas que utilizan las aeronaves.

Referencias

1. Bates, D., Smith, G., Lu, D. and Hewitt, J. (2000) 'Rapid thermal non-destructive testing of aircraft components', *Composites Part B: Engineering*, 31(3), 175-185.
2. Diamanti, K. and Soutis, C. (2010) 'Structural health monitoring techniques for aircraft composite structures', *Progress in Aerospace Sciences*, 46(8), 342-352.
3. Egle, D. M. and Bray, D. E. (1976) 'MEASUREMENT OF ACOUSTOELASTIC AND THIRD-ORDER ELASTIC CONSTANTS FOR RAIL STEEL', *Journal of the Acoustical Society of America*, 60(3), 741-744.
4. Felippa, C. A. (2001) 'A historical outline of matrix structural analysis: a play in three acts', *Computers & Structures*, 79(14), 1313-1324.
5. Gómez-López, L. M., Miguel, V., Martínez, A., Coello, J. and Calatayud, A. (2013) 'Simulation and Modeling of Single Point Incremental Forming Processes within a Solidworks Environment', *Procedia Engineering*, 63(0), 632-641.
6. Hsiao-chun, W., Gupta, N. and Mylavarapu, P. S. (2006) 'Blind Multiridge Detection for Automatic Nondestructive Testing Using Ultrasonic Signals', *IEEE Transactions on Ultrasonics Ferroelectrics & Frequency Control*, 53(10), 1902-1911.
7. Kamsu-Foguem, B. (2012) 'Knowledge-based support in Non-Destructive Testing for health monitoring of aircraft structures', *Advanced Engineering Informatics*, 26(4), 859-869.
8. Rossini, N. S., Dassisti, M., Benyounis, K. Y. and Olabi, A. G. (2012) 'Methods of measuring residual stresses in components', *Materials & Design*, 35(0), 572-588.
9. Sadeghi, S., Najafabadi, M. A., Javadi, Y. and Mohammadisefat, M. (2013) 'Using ultrasonic waves and finite element method to evaluate through-thickness residual stresses distribution in the friction stir welding of aluminum plates', *Materials and Design*, 52, 870-880.
10. Yashiro, S., Takatsubo, J. and Toyama, N. (2007) 'An NDT technique for composite structures using visualized Lamb-wave propagation', *Composites Science and Technology*, 67(15-16), 3202-3208.

Determinación de Parámetros y sus Valores Óptimos para el Proceso de Pulido de Vidrio Mediante la Aplicación del Diseño de Experimentos a un Prototipo de Revolvedora. Caso INTEPPCO

Carlos Anaya Eredias, Cristina Cuevas Hoyos.

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

Resumen. En trabajo tiene como objetivo encontrar la mejor combinación de parámetros para disminuir el tiempo para pulir vidrio, con el fin de conseguir una reducción o eliminación del filo de diferentes partículas de vidrio reciclado, mediante la utilización de diseño de experimentos. Esta investigación se llevará a cabo en una planta ubicada en el municipio de Caborca, Sonora, orientada a la producción de arena y grava de vidrio. Para esta empresa, es de suma importancia las actividades relacionadas con esta investigación, debido a que actualmente la empresa no cuenta con la tecnología necesaria para pulir el vidrio. Por lo anterior, mediante la utilización de un prototipo de revolvedora y la realización de distintas pruebas, se pretende disminuir el tiempo de dicho proceso y aumentar la producción. Al finalizar se presentarán los valores de los parámetros como velocidad, tipo y cantidad de materiales que se conviene utilizar, entre otros.

Palabras clave: Reciclaje, vidrio, pulido, filo, diseño de experimentos.

1 Introducción

Las propiedades del vidrio lo hacen un buen candidato para el proceso de reciclado, debido a que conserva sus características en un 100% y permite reducir el volumen de basura en donde se realice esta actividad [1].

De manera general el proceso de reciclaje inicia cuando el objeto de vidrio llega al final de su vida útil y es depositado en algún contenedor para ser transportado a la planta de reciclado, donde primero se extrae todo tipo de impurezas, como plástico, corchos,

Carlos Anaya Eredias, Cristina Cuevas Hoyos, *Determinación de Parámetros y sus Valores Óptimos para el Proceso de Pulido de Vidrio Mediante la Aplicación del Diseño de Experimentos a un Prototipo de Revolvedora. Caso INTEPPCO*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, Germán-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 221-226, 2014.

piedras, papel, entre otros; posteriormente se clasifica para ingresar a una trituradora y después transita al proceso de pulido, que es la parte medular de este trabajo de investigación, para eliminar el filo a las piezas que se obtienen. El presente trabajo tiene como objetivos determinar el procedimiento óptimo para eliminar el filo de las piezas de vidrio; realizar una investigación de las características que impactan en el proceso de pulido de vidrio, mediante la aplicación de un diseño de experimentos, y finalmente encontrar los parámetros adecuados, por ejemplo, tiempo de procesamiento, tipo de materiales a utilizar y características propias del prototipo para asegurar que el producto final cumple con los requerimientos que se establezcan.

Debido a lo anterior, se pretende encontrar y controlar los parámetros que optimicen el proceso de pulido del vidrio, mediante el análisis de los materiales utilizados, herramientas y equipo con el apoyo del diseño de experimentos para obtener las combinaciones adecuadas.

La documentación de este proyecto considera la definición de vidrio, sus características, una breve explicación del proceso actual y la problemática que se desea resolver; también se incluye la enunciación y utilización del diseño de experimentos, para obtener una posible manera de resolver el problema.

2 Marco Teórico

En esta sección del documento se presentan algunas definiciones del vidrio y características, así como algunos conceptos para el análisis y obtención de los parámetros que se pretenden encontrar al finalizar esta investigación.

2.1 Definición de Vidrio

Karim et al., [2] mencionan que el vidrio es uno de los materiales más difíciles de mecanizar debido a su estructura quebradiza y única, es un sólido, amorfo, no cristalino, típicamente frágil y ópticamente transparente. El vidrio desempeña un papel esencial en la ciencia y en la industria, ya que sus propiedades físicas lo hacen adecuado para diferentes usos, tales como envases de vidrio, equipos de laboratorio, fibras de refuerzo, y otros más, en resumen, el vidrio es ampliamente utilizado y se puede encontrar fácilmente en el mercado.

Otra definición para el vidrio es la propuesta por Sayuti et al., [3] expresan que el vidrio generalmente se conoce como un material transparente, duro y quebradizo, sus características ópticas y físicas juegan un papel esencial para numerosas aplicaciones industriales.

2.2 Proceso de Reciclaje del Vidrio

Sayuti et al., [3] argumentan que en el proceso de reciclaje del vidrio, generalmente se obtiene una mezcla de diferentes partículas de vidrio de distinto color, tamaño y pueden contener algunos residuos principalmente papel, plástico, metales y residuos de alimentos.

Por otro lado, Disfani et al., [4] mencionan que durante este proceso las piezas de vidrio adquieren distintas formas, angulares, planas y alargadas, para lo cual se han utilizado controles de calidad con la finalidad de medir la cantidad de residuos en la mezcla, aspecto importante para obtener un proceso de reciclaje eficiente.

2.3 Conceptos para Brindar el Soporte a esta Investigación.

Según Buligiu y Mehedintu [5] expresan que el control estadístico consiste en una colección de métodos estadísticos para el análisis de datos, mediante un proceso de naturaleza aleatorio para la recopilación de información, con el fin de analizarla y lograr mantener los parámetros dentro de los márgenes establecidos, lo cual es una condición esencial en el aseguramiento de la calidad.

Carbonell y Arkadievna [6] mencionan que los gráficos de control constituyen una técnica del control estadístico de calidad, aplicada a la producción, donde es inherente la repetitividad de las operaciones de producción. Se representa mediante una gráfica para detectar modelos no naturales de variación de los datos resultantes de procesos repetitivos, y sirven para detectar deficiencias en el control estadístico del proceso.

Otra herramienta que ha sido utilizada ampliamente es el diseño de experimentos (DoE), aplicada principalmente en el diseño robusto y optimización de los procesos y/o productos Zhen et al., [7]. Con el uso del diseño de experimentos se obtienen algunos beneficios para la evaluación multidimensional de un fenómeno, y muestra entre otras cosas los diversos factores que pueden intervenir; incluyendo las interacciones y la ponderación de los mismos. Con este método es posible determinar claramente el grado en que un único parámetro influye en la combinación de varios factores, en conclusión, se puede decir que es un poderoso método no sólo para el desarrollo de productos, sino también para el trabajo científico Bell et al., [8].

2.4 Proceso de Pulido del Vidrio

Belkir et al., [9] confirman que para el proceso de pulido del vidrio se puede utilizar un proceso clásico para obtener la abrasión del vidrio, mediante granos abrasivos, a este método se le llama pulido mecánico químico, que consta de una combinación de la reacción química y la velocidad de cizallamiento mecánico con el que se puede obtener la suavidad deseada de la superficie del vidrio. En este ejemplo, intervienen dos aspectos el coeficiente de fricción que es proporcional tiempo de pulido del vidrio, y la velocidad del proceso, con esto concluye que la velocidad puede acelerar el proceso de pulido, pero hasta cierto nivel ya que de lo contrario puede perturbar el comportamiento de la fricción

necesaria para el pulido. También Shiou et al. [10] exponen que el acabado de la superficie desempeña un papel importante en la calidad del producto debido a los efectos directos en la apariencia del producto, por lo tanto, la mejora del acabo superficial es un elemento esencial en los productos industriales.

3 Antecedentes y Descripción del Problema

INTEPPCO, es una empresa que se constituyó en el año 2013 bajo el régimen de sociedad anónima, en la ciudad de Caborca, Sonora; está orientada a la fabricación de materiales pétreos especializados, utilizados en pisos ecológicos, en la construcción de banquetas peatonales, áreas de estacionamiento, terrazas, vías vehiculares, cubiertas para cocina, recubrimientos de muro en acabados interiores y exteriores.

Para esta empresa, es de suma importancia las actividades relacionadas con la investigación, incorporación o utilización equipos y tecnologías que tengan por objeto reducir, reutilizar y reciclar desechos no biodegradables, sin embargo, actualmente la empresa no cuenta con la tecnología necesaria para pulir el vidrio; actividad que se desarrollará en esta investigación.

El procedimiento actual presenta una demora de 6 días aproximadamente para llevar a cabo la eliminación del filo de las partículas de vidrio. La planta considera este tiempo como excesivo, no les permite obtener la producción deseada y el producto final no cumple con sus requerimientos en cuanto a manejabilidad del producto.

Asimismo, se ha proporcionado un prototipo de revolvedora para llevar a cabo la disminución del filo de las piezas provienen del proceso de triturado; es necesario encontrar los parámetros óptimos en cuanto a materiales, cantidad de los mismos, entre otros aspectos específicos para manipular el equipo, que permitan realizar las actividades en menor tiempo que con el proceso actual.

4 Propuesta de Solución

Con base en lo anterior se tiene como finalidad encontrar la mejor combinación de parámetros para la operación de pulido del vidrio, mediante el diseño experimental, para asegurar la calidad del acabado del vidrio, en cuanto a sus dimensiones y filo. Se realizará un análisis de la información que se recabe durante la investigación, como tipo de materiales, medidas, propiedades y otras características que se consideren propias del prototipo de revolvedora, así como la utilización de software estadístico para estudiar las observaciones que se definan. A continuación se muestra la imagen de la revolvedora que se diseñó y fabricó para esta investigación; en la cual se introducirá el vidrio junto con sustancias y materiales que sean imprescindibles para el proceso de pulido.

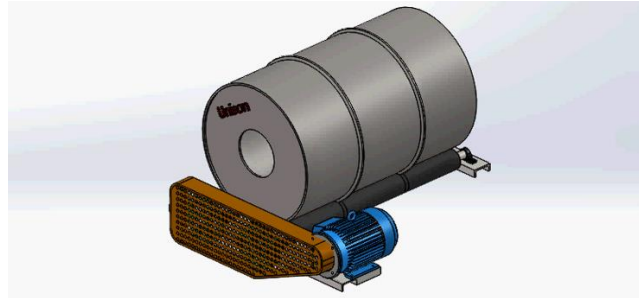


Figura 1. Prototipo de revolvedora para eliminar el filo del vidrio reciclado.

5 Resultados y Beneficios Esperados

Al finalizar las actividades contempladas para este proyecto, se podrá incorporar y utilizar el equipo para el proceso de pulido con las especificaciones para una producción óptima, obteniendo un producto final capaz de manipularse fácilmente, reduciendo el filo y asegurando que cumpla con las características o parámetros que se requieran para la producción de arena y grava de vidrio.

También se dispondrá de la información necesaria para controlar el proceso con base en distintos indicadores que se especifiquen durante el desarrollo del proyecto, para poder medir la calidad del producto final.

6 Conclusiones

Los experimentos en la industria por lo general son más complicados, porque existen varios o bastantes factores que pueden afectar al producto y/o proceso, por esto se debe realizar algunas combinaciones de tales factores para probar y observar los resultados; por lo anterior, la aplicación de un diseño experimental es adecuado para esta investigación.

Esta técnica incluye un conjunto de pruebas con distintas combinaciones de factores, ya sea para mejorar un proceso, en cuanto a variabilidad se refiere, o bien, reducir costos y tiempos de desarrollo. Para la empresa es importante contar con la información que se analizará durante este proyecto, como se ha mencionado, requieren conocer los parámetros óptimos que reduzcan el tiempo de procesamiento para pulir vidrio, así como la información para operar la revolvedora (prototipo), que permita aumentar la cantidad de producto que se obtiene y mejorar la calidad del mismo.

Referencias

1. Jara, A. Reciclaje de residuos de vidrio de construcción y demolición. Artículo empresa GEPVP, 2, 1-4. (2005).

2. AbKarim, M, AlyDiaa Mohammed Sarhan, A, yHamdiAbdShukor M. Experimental Study on Minimizing Edge Chipping in Glass Milling Operation Using an Internal CBN Grinding Tool, *Materials & Manufacturing Processes*, 26, 969-976. (2011).
3. Sayuti, M, Sarhan, A, Fadzil, M,y&Hamdi, M. Enhancement and verification of a machined surface quality for glass milling operation using CBN grinding tool-Taguchi approach., *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 60, 9-12, 939-950, (2012).
4. Disfani, M, Arulrajah, A, Bo, M, yHankour, R. Recycled crushed glass in road work applications. *Waste Management*, 31, 2341-2351. (2011).
5. Boligiu, I. y Mehedintu, A. Static control techniques in insuring information systems quality. *Young Economists Journal, Revista Tinerilor Economisti*, 10, 247-254. (2013).
6. Carbonell, A. y Arkadijevna, E. Sistema de recuperación y lavado final de frascos de vidrio destinados al envase de soluciones parenterales de gran volumen: estudio de prevalidación. *Tecnología química* 19, 38-45. (1999).
7. Zhen, H. Ya-Juan, H. Shuang, Z. y Park, S. Product and process optimization design through Design of Experiments: A case study. *Total Quality Management and Business Excellence*, 20, 107-113. (2009).
8. Belle, J. Kleemann, S. y Odermatt, J. Weighning of different impact factors on wet web strenght by full-factorial desighn of fxperiments. *Bioresources*, 9, 1830-1844. (2014).
9. Belkir, N. Bouzid, D. y Herold, V. Determination of the Friction Coefficient During Glass Polishing. *Springer Science+Business Media, LCC*, 33, 55-61. (2009).
10. Shiou, F. Loc, P. y Dang, N. Surface finish of bulk metallic glass using sequential abrasive jet polishing and annealing process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 66, 1523-1533. (2013).

Diseño de la Arquitectura Propuesta de un Sistema de Monitoreo y Asistencia a la Respiración en Neonatos

Karla Vianney Ramos-García, María Trinidad Serna-Encinas, César Enrique Rose-Gómez, Sonia Regina Meneses-Mendoza

Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación,
Maestría en Sistemas Industriales, Av. Tecnológico S/N, CP. 83170, Hermosillo, Sonora, México
karnney@gmail.com, tserna@ith.mx, crose@ith.mx,
so_meneses@ith.mx

Resumen. La apnea neonatal también llamada Síndrome de Insuficiencia Respiratoria (SIR) se presenta en bebés recién nacidos prematuros. El SIR afecta al bebé prematuro al momento de nacer y después de algún tiempo, ya que puede tener consecuencias secundarias importantes, como lo son problemas de la vista, entre otros. Por ello es de suma importancia tener un sistema que ayude a los médicos a detectarla y a prevenirla a tiempo. Después de nacer, los bebés permanecen en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN) hasta que se encuentran lo suficientemente maduros para darlos de alta. Este artículo se focaliza en la descripción de la arquitectura de un sistema que monitoree la frecuencia respiratoria y en caso de detectar el SIR, brinde asistencia a la respiración en neonatos mediante la activación de un mecanismo que reinicie la respiración en el bebé.

Palabras Clave: Apnea neonatal, sensores, sistema de monitoreo, arquitectura del sistema.

1 Introducción

Los problemas respiratorios son una importante causa de mortalidad en los neonatos. Los bebés al nacer en etapa prematura, experimentan un cambio en la respiración a la que están acostumbrados dentro del útero, que es diferente a la del ambiente exterior y produce una falla por la falta de adaptación de los pulmones, ya que éstos generalmente no están desarrollados por completo, condición que en algunos casos, mediante condiciones determinadas, puede revertirse.

Karla Vianney Ramos-García, María Trinidad Serna-Encinas, César Enrique Rose-Gómez, Sonia Regina Meneses-Mendoza, *Diseño de la Arquitectura Propuesta de un Sistema de Monitoreo y Asistencia a la Respiración en Neonatos*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Germán-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 227-232, 2014.

La apnea neonatal es la ausencia del flujo aéreo en la vía respiratoria por más de 20 segundos. Este tipo de trastorno se presenta en aproximadamente el 50% de los neonatos de 32 semanas o menos de edad gestacional [1].

El sistema de monitoreo y asistencia a la respiración en neonatos que se busca implementar, se llevará a cabo en la UCIN del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) de Hermosillo, el cual consistirá en obtener los parámetros de los neonatos por medio de electrodos, para después, mediante un sistema de monitoreo, detectar y generar un mecanismo de reacción cuando la apnea se presente.

Este artículo se enfoca en el desarrollo de la arquitectura propuesta para el sistema de monitoreo y asistencia a la respiración en neonatos. La sección 2 presenta brevemente el marco teórico que da soporte a la propuesta planteada; la sección 3 presenta el desarrollo y describe el significado de la arquitectura propuesta. En la sección 4 se establecen los resultados esperados del sistema de monitoreo; por último, en la sección 5, se muestran las conclusiones y trabajos futuros de esta investigación.

2 Marco Teórico

El sistema propuesto permitirá el monitoreo de parámetros físicos de los neonatos, para ayudar a los médicos y enfermeras a detectar la apnea neonatal y prevenir sus reacciones secundarias.

A continuación se presentan los temas de interés para el desarrollo de la arquitectura propuesta para el sistema.

2.1 Síndrome de Insuficiencia Respiratoria

El síndrome de insuficiencia respiratoria (SIR), anteriormente llamado enfermedad de las membranas hialinas, es un cuadro respiratorio agudo que afecta casi exclusivamente a los recién nacidos prematuros. La inmadurez del pulmón del prematuro no es solamente bioquímica, con déficit de surfactante pulmonar, sino también morfológica y funcional, ya que el desarrollo pulmonar aún no se ha completado en estos niños inmaduros. El pulmón con déficit de surfactante es incapaz de mantener una aireación y un intercambio gaseoso adecuados [2].

Los síntomas comienzan al nacer, con dificultad respiratoria debida a las alteraciones de la función mecánica del pulmón y cianosis secundaria por anomalías del intercambio gaseoso. La dificultad respiratoria que lo caracteriza progresa durante las primeras horas de vida, alcanzando su máxima intensidad a las 24-48 horas de vida y, en los casos no complicados, comienza a mejorar a partir del tercer día de vida.

La incidencia y la gravedad aumentan al disminuir la edad gestacional, presentándose sobre todo en menores de 32 semanas, siendo del 50% entre las 26 y 28 semanas. La incidencia es mayor en varones, en los nacidos por cesárea y segundos gemelos. También se puede presentar en niños de mayor edad gestacional nacidos de madres diabéticas con

mal control metabólico y en los que han sufrido asfixia perinatal, problemas intraparto o durante el periodo postnatal inmediato.

2.2 Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de medir algún fenómeno físico como la humedad, la temperatura, el movimiento, entre otras cosas. Una definición de sensor es: “Dispositivo capaz de registrar de forma directa, continua y reversible un parámetro físico (sensor físico) o la concentración de una especie química (sensor químico)” [3].

El sensor traduce la información que le llega del exterior en un impulso eléctrico, normalmente digital (pasa o no pasa corriente), que puede ser analizado y procesado por la unidad de control del sistema.

Para el presente trabajo, se utilizarán electrodos, que son placas metálicas utilizadas como un conductor encargado de realizar contacto con algún sector del circuito que no sea de tipo metálico. Tiene como finalidad el transporte de la corriente eléctrica [4].

Se pueden clasificar de acuerdo a su uso en los siguientes tipos: electrodos en investigación biomédica, electrodos para soldar, electrodos para sillas eléctricas, electrodos con fines médicos y electrodos de puesta a tierra.

Los que utilizaremos para este proyecto son los electrodos con fines médicos, en ellos el dispositivo toma las señales bioeléctricas del cuerpo del ser humano y las envía mediante impulsos eléctricos. De esta manera, es posible crear un modelo que permita observar y analizar los parámetros de los individuos, para pronosticar y detectar enfermedades o anomalías de cualquier índole.

2.3 Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN)

La Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN), está diseñada para otorgar cuidados especiales a los recién nacidos que necesitan ayuda para realizar sus funciones esenciales. En esta unidad, los profesionales especializados en neonatología (médicos o enfermeras) disponen de infraestructuras adaptadas para los bebés que nacen antes de terminar la gestación completa, o que tienen problemas de salud distintos de los que se presentan en el resto de los bebés. Éstos son ingresados en esta unidad desde las primeras 24 horas inmediatamente después de su nacimiento [5].

En la UCIN los bebés están dentro de incubadoras o en cunas térmicas que mantienen su temperatura corporal y los aíslan del exterior para que nada les pueda perjudicar. Cuentan también con ventiladores o respiradores en el caso de que necesiten respiración asistida y, los que tienen el aparato digestivo menos desarrollado, se alimentan a través de una sonda por vía oral o nasal. Además se ofrecen al bebé todos los cuidados y tratamientos necesarios para poder desarrollarse. Asimismo, en la mayoría de las unidades se invita a los padres a convertirse en los principales cuidadores de sus hijos.

3 Desarrollo de la Propuesta

Para el desarrollo e implementación del sistema de monitoreo propuesto, se utilizará la siguiente metodología, que consta de tres fases [6]:

- Primera Fase: Análisis exhaustivo de los fundamentos teóricos para conocer los antecedentes del problema a resolver, lo que permitirá definir una propuesta de solución del problema, así como los alcances y limitaciones de la misma. Se utilizarán diversos métodos, como lo son: Entrevistas a expertos del área, investigación bibliográfica, estudio y análisis de proyectos similares, entre otros.
- Segunda fase: Análisis y diseño de la propuesta de la solución planteada. Ésta etapa incluye el análisis y diseño del sistema, la cual inicia con la recolección de información requerida y termina con la definición de la arquitectura propuesta del sistema. El análisis incluye la definición de diagramas de contexto de nivel 0 y 1; los diagramas de los casos de uso de obtención de parámetros, de visualización de datos y de mecanismos de reacción; y concluye con el diagrama conceptual de clases. Para el diseño del sistema se construirán los diagramas de secuencia desarrollados a partir de los diagramas de uso; el diagrama de la base de datos definido para el almacenamiento de datos y el diseño de la arquitectura del sistema propuesto[7-8].
- Tercera Fase: Implementación de la propuesta, pruebas de funcionalidad y análisis de resultados. Esta fase inicia con el desarrollo e implementación del sistema propuesto de acuerdo a los diagramas de nivel definidos, mismo que será sometido a las pruebas de funcionalidad requeridas para verificar que el sistema funcione correctamente y se termina con el análisis de resultados.

En la figura 1 se muestra la arquitectura propuesta del sistema que consiste en tres módulos los cuales son: el módulo de lectura, el módulo de registro y el módulo de procesamiento:

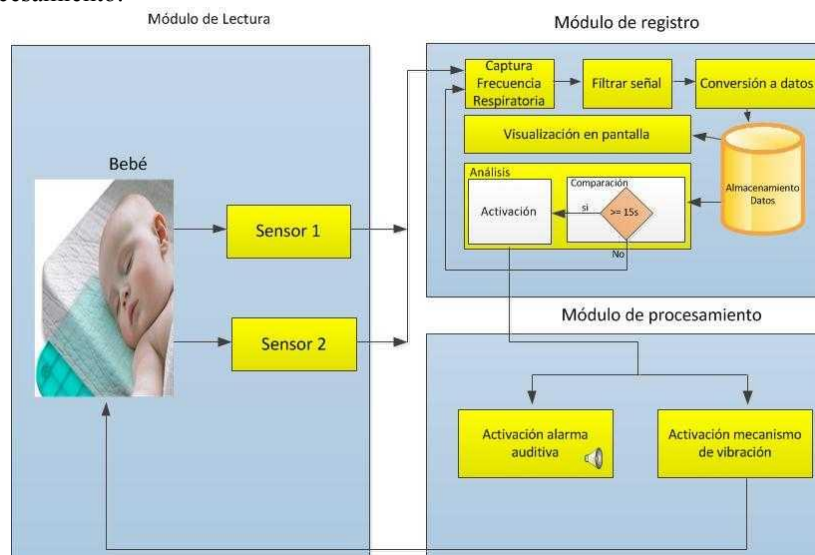


Figura 1.Arquitectura propuesta del sistema de monitoreo y asistencia a neonatos.

- Módulo de lectura: Este módulo muestra que la lectura de la respiración de bebé se realizará por medio de dos electrodos.
- Módulo de registro: Este módulo se divide en:
 - Proceso captura de frecuencia respiratoria: Se centra en la recolección de frecuencia respiratoria en el bebé.
 - Proceso filtrar señal: En este proceso la señal obtenida es filtrada para eliminar el ruido de la misma.
 - Proceso conversión de datos: La señal captada se convierte en un dato numérico, para poder manipularlo más fácilmente.
 - Proceso almacenamiento: En esta parte el dato numérico obtenido es guardado cada determinado tiempo en una base de datos, para su posterior uso.
 - Proceso visualización en pantalla: El conjunto de parámetros, se visualizarán en una pantalla.
 - Proceso análisis: Este proceso se divide en dos partes, la primera es comparación que determinará si la apnea ocurre por más de 15 segundos, en cuyo caso se pasará a la segunda parte, que activará los mecanismos de reacción.
- Módulo de procesamiento: Consta de dos partes:
 - Activación de alarma auditiva: Se activa una alarma audible, que avisará la condición del bebé a los médicos y enfermeras.
 - Activación de mecanismo de vibración: Se activa al mismo tiempo que la alarma auditiva, tratando que, con la vibración, el bebé despierte y reaccione lo más rápido posible.

4 Resultados Esperados

La arquitectura propuesta permitirá iniciar el desarrollo del sistema tomando en cuenta todos los módulos y procesos que ésta incluye; desde la lectura y captura de los datos por medio de electrodos, hasta el procesamiento de los datos mediante el sistema de monitoreo.

La frecuencia respiratoria de cada neonato se visualizará en pantalla y se almacenará en una base de datos. En caso de que se detecte un episodio de apnea; es decir, la ausencia de la respiración por más de 15 segundos, se activará el mecanismo de reacción que consiste en una alarma auditiva y un mecanismo de vibración. De igual forma cada episodio de apnea será registrada en la base de datos para su posterior interpretación.

5 Conclusiones y Trabajos Futuros

A partir del presente trabajo se puede concluir que la arquitectura propuesta muestra que el sistema está compuesto por 3 grandes módulos que son: el módulo de lectura, el módulo de registro y el módulo de procesamiento. La arquitectura propuesta ayuda a comprender mejor el funcionamiento del sistema y establece los diferentes componentes requeridos para su implementación.

El trabajo a seguir consiste en la implementación del sistema de monitoreo y asistencia a neonatos, que brindará apoyo a los médicos y enfermeras para evitar las reacciones secundarias que un bebé prematuro pueda tener, y así darle una mejor calidad de vida. Lo anterior representa el trabajo realizado por el grupo de investigadores, el tesista de maestría, y el personal sanitario de la Unidad de Cuidados Intensivos de Neonatología del ISSSTE en la ciudad de Hermosillo.

Referencias

1. Dr. Ventura-Juncá T. Patricio Dr. Tapia I. José Luis. Problemas respiratorios del recién nacido. (visitado el 27 de febrero de 2014) disponible en: <http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/manualped/rnproblresp.html>.
2. Protocolos de neonatología. Asociación Española de Pediatría, Sociedad Española de Neonatología, 2da Edición, España 2008.
3. Areny, R. P., Sensores y acondicionadores de señal: prácticas, Marcombo, vol. 2, (2004)
4. Tipos de .org. Portal educativo. (Visitado el 30 de marzo de 2014) <http://www.tiposde.org/ciencias-exactas/556-tipos-de-electrodos/>
5. Unidad de cuidados intensivos neonatales (visitado el 29 de marzo de 2014) disponible en: <http://www.bronquiolitissalud.es/>.
6. Kenneth Pefkaros. Using object-oriented analysis and design over traditional structured analysis and design. 2008. International Journal of Business Research. (219-227).
7. Kendall Julie and Kendall Kenneth E. *Análisis y desarrollo de sistemas*. Sexta edición, 2005. (229-237).
8. Craig Larman. *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development*, volume 3rd Edition. 2004.

Diseño e Implementación de un Sistema Basado en TIC para la Documentación de Procesos. Caso: Área de Control Noroeste de la CFE

Efraín Domínguez-Goycochea, Gerardo Sanchez-Smichtz, Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Pérez-Soltero

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial,
Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
mbarcelo@industrial.uson.mx, gsanchez@industrial.uson.mx
aperez@industrial.uson.mx

Resumen. Los procesos describen de forma abstracta los flujos de las actividades que se llevan a cabo en una organización por lo que diversas normas y estándares establecen que se deben de documentar adecuadamente, especificando interacciones y llevando un control para la actualización, vigencia, capacidad de cambios y descripciones claras que faciliten la identificación. En las organizaciones es común observar que se genere documentación electrónica pero sin que se lleven a cabo mecanismos para su administración, generando información duplicada o sin actualizar, llevando a la necesidad de contar con una herramienta que facilite el registro y el acceso común a los documentos, mediante una estructura de almacenamiento que permita la compartición de información. La administración de la documentación se puede llevar mediante un sistema de administración de documentos electrónicos (EDMS, por sus siglas en inglés), que ayuda a tener un rápido y fácil acceso a la información.

Palabras clave: proceso, documentos, sistema, información, repositorio

1 Introducción

En una organización es de vital importancia contar con documentación acerca de los procesos que se llevan a cabo, con el fin de contar con un control interno que permita una mejor gestión operativa y optimice el desempeño laboral. La documentación es necesaria también, ya que diversos estándares de calidad exigen que se cuente con un registro de sus procesos y procedimientos en cada una de sus áreas, con el objetivo de que los directivos puedan medir el grado de eficiencia en la ejecución de las operaciones por parte del

Efraín Domínguez-Goycochea, Gerardo Sanchez-Smichtz, Mario Barceló-Valenzuela y Alonso Pérez-Soltero, *Diseño e Implementación de un Sistema Basado en TIC para la Documentación de Procesos. Caso: Área de Control Noroeste de la CFE*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Eliás, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 233-236, 2014.

personal. Hoy en día, con el desarrollo de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), se han venido ofreciendo herramientas que facilitan el almacenamiento y administración de la documentación. El presente artículo propone el diseño e implementación de un sistema que ayude administrar la documentación relacionada con los procesos que se llevan a cabo en una organización dedicada al servicio de luz eléctrica en el noroeste de México.

2 Antecedentes

Un proceso se entiende como un ordenamiento específico de actividades que se realizan en determinado tiempo y lugar, teniendo un inicio y un final y donde pueden ser identificadas claramente las entradas y las salidas [1]. Los procesos intentan describir de una forma abstracta los flujos de trabajo que se llevan a cabo en todas las áreas y niveles de la organización[2]. Dada la existencia de los procesos en las organizaciones, es importante su documentación, por lo que diversos estándares y normas a nivel internacional han establecido directivas respecto a la documentación de procesos, la norma ISO en respecto a la mejora de la calidad establece que se debe de llevar a cabo una documentación adecuada de los procesos, describiendo las interacciones y llevando un control que permita la actualización, establecimiento de vigencias, capacidad de cambios, descripciones claras y una fácil identificación[3].

2.1 La Documentación de Procesos

Se deben de documentar los procesos ya que facilitan la identificación, la preservación y el desarrollo del conocimiento explícito dentro de las organizaciones y alimenta la biblioteca de conocimientos expresados a través de dichos documentos, administrando la base documental, garantizando la coherencia entre estructura y procesos y contribuyendo a la mejora continua de estos [4]. Además de tener contar con la documentación es importante también tener una clasificación. Clasificar se refiere a agrupar los documentos de acuerdo a principios específicos, existiendo una variedad de métodos para lograrlo, como los son: los arboles de decisión, redes neuronales, correlación difusa, entre otros [5]. Es común observar que en las organizaciones se cuenta con un gran número de documentos electrónicos, los cuales almacenan información relevante, sin embargo no se implementan mecanismos de administración de los mismos, por lo que la información puede estar duplicada y no existe una fuente central de los datos. Para que exista una apropiada estructura y manejo de documentos, la administración se puede llevar mediante un sistema de administración de documentos electrónicos (EDMS, por sus siglas en inglés) que ayuda a satisfacer las necesidades de tener un rápido y fácil acceso y serviría a la organización como una fuente central de datos[6].

2.2 Sistema de Administración de Documentos Electrónicos

La implementación de un EDMS permite a los usuarios agilizar los procesos que se llevan a cabo en la organización, por medio fortalecimiento de los flujos de trabajo y el intercambio de información [7]. Entre los beneficios que se tiene en la implementación de un EDMS se tienen [6]: 1) Acceso instantáneo a la información, 2) Habilidad para acceder desde diferentes locaciones, 3) Reducción importante del almacenamiento de oficina, 4) Mejorar el flujo de trabajo de la información, 5) Procesos más eficientes, 6) Reducción de impresiones en papel, 7) Procesos de negocio en común, 8) Apoyo en auditorías. Además de estos beneficios, es importante considerar el control de versiones, que se refiere a la administración de múltiples revisiones de la misma pieza de información, es mayormente utilizado en manejo de documentos digitales que contienen información crítica y en la que trabajan un equipo de personas, donde los cambios son almacenados en un repositorio y están disponibles para futuras referencias [8], por lo que es importante llevarlo a cabo debido a la existencia procesos críticos en la organización.

3 Caso de Estudio

El proyecto se llevará a cabo en el Área de Control Noroeste de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), ubicada en Hermosillo, Sonora, México, específicamente, en la Subgerencia de Transacciones. En la organización, gran parte de los procesos han sido documentados, la mayoría en formatos de archivo digital, estando almacenados de manera dispersa en las computadoras personales de las personas encargadas de los procesos. Cuando un empleado requiere de revisar documentación referente a determinado proceso, le resulta complicado y tardado localizar dicho documento ya que no están debidamente almacenados y concentrados, lo que provoca atrasos y limitaciones para realizar las tareas de la manera más eficientemente y colaborativa. En entrevistas realizadas con personas responsables de gestionar el conocimiento de procesos y tomando en cuenta la experiencia propia se identificó que la documentación de los procesos en general no es eficiente, por lo que se requiere una estructura de almacenamiento que facilite la consulta y que permita una mejor comprensión de los procesos entre las áreas de la organización, facilitando el compartir el cómo se llevan a cabo las actividades y un adecuado control de los cambios para poder tener futuras referencias en la toma de decisiones. Además, existen actividades relacionadas a los procesos que no se documentan, por lo que se requiere un mecanismo que facilite el registro de dicha información. El objetivo general de este trabajo es el diseñar e implementar un sistema basado en TIC que permita clasificar, documentar y almacenar información acerca de los procesos que se llevan a cabo en una organización, apoyándose en el uso de tecnologías de la información, que sirva para facilitar la ejecución de las operaciones que se realizan dentro de la organización. Lo que conduce a plantear las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué herramientas, métodos o técnicas son los más adecuadas para construir un repositorio digital centralizado de procesos y actividades existentes en la organización?
- ¿Cómo deben de clasificarse los procesos que se llevan a cabo en la organización?
- ¿Qué mecanismos deben de implementarse, para llevar un control de versiones de los diferentes procesos que se llevan a cabo en la organización?

4 Conclusiones

La información acerca de procesos debe de estar disponible para consulta ya que sirve de apoyo en la ejecución tanto de tareas cotidianas como aquellas que se dan bajo demanda como lo son auditorias, análisis de requerimientos, y apoyos por parte de grupos staff.

El uso de las TIC facilita la tarea de administrar la documentación, facilitando el acceso, almacenamiento y concentración de la información. Existen tipos de sistemas como lo son los EDMS, que con su implementación se proporcionan beneficios como: generar documentación e información acerca de cómo se realizan los procesos; poder compartir esa documentación e información con otras áreas ayudando a realizar tareas específicas, promueve la colaboración y ayuda a detectar puntos sujetos a optimización.

Referencias

1. Davenport, T. H., Process innovation: reengineering work through information technology. Boston Mass: Harvard Business School Press (1993).
2. Gruhn, V., Köhler, A. & Klawes, R., Modeling and Analysis of Mobile Service Processes by. Nancy, France, s.n (2005).
3. ISO Standard, s.f. *ISO*, http://www.iso.org/iso/iso_9000
4. Mateo , R. A. y otros. La gestión de documentación de procesos. Petrotecnia, pp. 26-31 (2011).
5. Lin, S.-S., A document classification and retrieval system for R&D in semiconductor industry – A hybrid approach. Expert Systems with Applications, Issue 36, p. 4753–4764 (2009).
6. Adam, A., Implementing Electronic Document and Record Management Systems. Primera ed. s.l.:CRC Press (2007).
7. Hammer, M. & Hershman, L., Faster Cheaper Better: The 9 Levers for Transforming How Work Gets Done. Primera ed. s.l.:Crown Business. (2010)
8. Milentijevic, I., Ciric, V. & Vojinovic, O., Version control in project-based learning. *Computers & Education*, Volumen 50, pp. 1331-1338 (2008).

Evaluación de un Sistema con Soporte a los Inicios de Interacción Informados en el Desarrollo de Software

Consuelo Esperanza Álvarez-Sánchez¹, Ramón René Palacio-Cinco¹, Carlos Jesús Hinojosa-Rodríguez¹, Joaquín Cortez-González²

¹Instituto Tecnológico de Sonora, Unidad Navojoa, Ramón Corona S/N, Col. ITSON, CP. 85860, Navojoa, Sonora, México.

lic.consuelo@gmail.com, ramon.palacio@itson.edu.mx,
carlos.hinojosa@itson.edu.mx

²Instituto Tecnológico de Sonora, Unidad Nainari, Antonio Caso 2266CP. 85130, Ciudad Obregón, Sonora, México.

joaquin.cortez@itson.edu.mx

Resumen. Uno de los retos principales en el Desarrollo de Software es la comunicación. Comunicarse puede presentar eventos inesperados, denominadas interrupciones. Éstas ocasionan efectos negativos como desconcentración, pérdidas de tiempo y errores. El propósito de este trabajo es desarrollar y evaluar un prototipo con soporte a los inicios de interacción en dispositivos móviles, con la finalidad de conocer su impacto en cuanto a utilidad y facilidad de uso en el ambiente de trabajo del Desarrollo de Software. Para que este estudio fuera posible se invitaron a 31 desarrolladores de software para evaluar el prototipo. Para la recolección de datos se utilizó el modelo de aceptación de tecnología. Dicho prototipo fue percibido de manera favorable por los participantes en cuanto a su usabilidad, ya que ésta incluye un indicador de disponibilidad que señala los momentos adecuados para evitar posibles impactos negativos en las actividades de los colegas ocasionados por las interrupciones.

Palabras clave: Interrupciones, Inicios de interacción Informados, Evaluación de Usabilidad, Desarrollo de Software.

1 Introducción

La comunicación juega un papel vital en los proyectos de desarrollo de software. Equipos distribuidos globalmente utilizan una combinación de diferentes canales de comunicación para la realización de un proyecto, a través de la comunicación informal propiciando la

Consuelo Esperanza Álvarez-Sánchez, Ramón René Palacio-Cinco, Carlos Jesús Hinojosa-Rodríguez y Joaquín Cortez-González, *Evaluación de un Sistema con Soporte a los Inicios de Interacción Informados en el Desarrollo de Software*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 237-246, 2014.

creación de confianza y relaciones sociales entre los compañeros de trabajo[1]. En los medios de comunicación interpersonal, la comunicación se establece y define a partir de la interactividad entre los usuarios; en los medios de comunicación en masas, la interactividad se define entre el usuario y el medio a partir de los contenidos proporcionados por este[2].

En el Desarrollo Global de software (Global Software Development, GSD), también denominado Desarrollo Distribuido de software se adopta una forma de organización distinta de la que prevalece en el modelo organizacional tradicional que ha dominado gran parte de la historia industrial, con esto se hace referencia al desarrollo entre varios equipos en localidades distribuidas geográficamente, esta distribución puede variar desde distintas oficinas, edificios, continentes, entre otros; ya que la división de trabajo o fragmentación del proceso de producción se puede realizar por separado y con independencia, incluso el trabajo puede ser distribuido con elementos que no pertenecen a la organización [3]. Esto es debido a que según estudios realizados en los últimos años ha sido imprescindible el uso de estas herramientas por medio de dispositivos móviles con diferentes aplicaciones para la comunicación y compartición de información entre ellos[4].

La alternativa de poder interactuar con los compañeros de trabajo o cualquier involucrado en los proyectos de desarrollo a través de un teléfono inteligente o cualquier terminal móvil personal es una ventaja que le permite al usuario facilidad, movilidad y rápido acceso a la comunicación y coordinación con su trabajo. Sin embargo las limitantes de estas terminales es la carencia de posibilidades de inferir si algún contacto está ocupado o no, por lo que frecuentemente se hacen presentes las interrupciones entre los miembros del equipo de desarrollo, afectando de alguna manera el trabajo colaborativo y perturbando la concentración sobre sus actividades. Las interrupciones según[5,6], tienen un efecto negativo en el desempeño cognitivo y emocional de las personas por lo cual resulta muy interesante determinar el momento ideal o adecuado en el cual una interrupción no impacte de manera que la persona contactada se vea perjudicada en sus tiempos y capacidad en la realización de sus tareas.

1.1 Definición del Problema

Es de vital importancia asegurar o aproximar al momento más adecuado para poder interrumpir con un llamado o con algún mensaje a esa persona a la cual queremos contactar. Esto es porque al no iniciar la interacción en el momento apropiado se presentan problemas en el desempeño de los desarrolladores [6,7], ya que las interrupciones pueden hacer que las personas cometan errores o fallas durante la interacción.

Es por ello que la necesidad de una visión compartida y una coordinación estrecha para el desarrollo de software cambia de manera fundamental la dinámica de la producción. Es muy frecuente que los programadores identifiquen problemas o indicios de problemas que más tarde pueden revelarse como críticos. Por ello, una correcta gestión de la comunicación puede provocar que los incipientes problemas se solucionen antes de que

estos se conviertan en decisivos y se tenga que lamentar por ello. Además es de singular importancia que desde el inicio del proyecto, el equipo desarrollador de software haga conciencia de que deben comportarse como tal y estén unidos y comunicados. Ya que la dificultad en el desarrollo de un proyecto de software no radica en lo técnico sino en lo sociológico, y más concretamente en la comunicación, ya que la mayor parte de los proyectos de software que fracasan lo hacen por cuestiones de ésta[8,9].

Unos de los aspectos sociológicos es la atención de los usuarios, mismo que es un recurso escaso, y los usuarios están expuestos a la sobrecarga de la interrupción. Al ocurrir una interrupción es necesario que el usuario reoriente su atención a otra tarea, teniendo que abandonar o suspender su actividad actual y de esta manera es afectado de manera adversa en el trabajo del usuario. Es por ello que es importante identificar la información contenida en una interrupción que justifique que el usuario deje de hacer lo que está haciendo y la entienda en el momento.

Para abordar este tipo de problemáticas en[10], se presenta el diseño de “Smart-Interaction”, la cual se basó en una metodología de diseño centrado en el usuario, mediante la cual se crearon elementos de información e ideas basados en escenarios de trabajo propuestos diseñado para una aplicación en dispositivo móvil (teléfono inteligente), el cual consiste de una lista de contactos informada con un indicador de disponibilidad. Dicho indicador representa un valor porcentual, que indica el grado posible de éxito de iniciar una interacción con un contacto determinado. Como resultado se obtuvieron una serie de implicaciones de diseño que se deben considerar para desarrollar mecanismos y servicios que guíen al desarrollo de un indicador de disponibilidad. Estas implicaciones de diseño fueron mostradas a un grupo de desarrollo distribuido de software en escenarios utilizando videos. Además los resultados que se obtuvieron de la evaluación del diseño tuvieron una aceptación positiva por parte del grupo de desarrolladores. Sin embargo, tal desarrollo no fue mostrado al grupo de desarrolladores de software en el dispositivo móvil. Por lo que el presente trabajo de investigación consistió en la evaluación de usabilidad y facilidad de uso del prototipo Smart-Interaction, a partir de las implicaciones de diseño propuestas anteriormente, el cual fue instalador en un dispositivo móvil para que un grupo de desarrolladores de software pudiese visualizar de manera directa los inicios de interacción informados, y así pudieran percibir de una forma más cercana a la realidad, si la tecnología que se les está proponiendo es de utilidad para la realización de su actividad.

Con base a la problemática descrita se define la siguiente pregunta de investigación:

- ¿Cuál será el impacto de esta herramienta o servicio con soporte para inicios de interacción informados en cuanto a utilidad y facilidad de uso en el Desarrollo de Software?

1.2 Objetivos

Evaluar un prototipo con soporte para inicios de interacción informados en dispositivos móviles en un grupo de trabajadores del Desarrollo de Software con la finalidad de conocer su impacto en cuanto a utilidad y facilidad de uso.

Para lograr el objetivo general se define los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar literatura para conocer las implicaciones de los inicios de interacción informados en el Desarrollo de Software.
2. Crear el ambiente de trabajo para la implantación del prototipo con soporte para inicios de interacción informados.
3. Evaluar el impacto de la utilidad y facilidad de uso del prototipo propuesto a un grupo de desarrolladores distribuidos de software.

2 Método

El tipo de investigación, en este caso, fue de carácter cuantitativo. Para esto se utilizó el modelo de aceptación de la tecnología (TAM por sus siglas en inglés) propuesto [11].

2.1 Participantes

La evaluación fue realizada con grupos desarrolladores de software de cuatro empresas diferentes y desarrolladores independientes.

Para la evaluación del prototipo, se involucraron 31 trabajadores de estas empresas incluyendo:

- 23 Programadores de sistemas
- 3 Jefes de Desarrollo de Sistemas
- 3 Programadores Analistas
- 2 en Soporte Técnico de Sistemas

El promedio de edad de los participantes fue de 28.7 años, donde 6 de ellos fueron de sexo femenino y 25 de sexo masculino. En cuanto a la experiencia laboral, los participantes promediaban 6.58 (mínimo=1, máximo=20) años de experiencia en desarrollo de software.

2.2 Paradigma de Diseño

El paradigma de diseño para este estudio fue *withinsubjects*, ya que todos participantes evaluaron el uso de una lista de contactos tradicional de un dispositivo móvil y la lista de contactos de *Smart-Interaction*. De tal manera que se dividió al grupo de participantes en dos grupos, un primer grupo con 15 participantes y el segundo grupo con 16.

Al primer grupo abordó las problemáticas presentadas en el escenario con la lista de contactos tradicional y el segundo grupo con la lista de contactos de *Smart-Interaction*.

Luego de haber utilizado la lista de contactos que se les indicó los participantes evaluaron con el TAM. Posteriormente se les solicitó abordar las actividades con la otra lista de contactos y la evaluaran.

El TAM representa una escala de percepción de utilidad y facilidad de uso. Este es un cuestionario donde cada participante respondió cada uno de los enunciados, marcando con una cruz el recuadro que mejor describiera su reacción al sistema que utilizó (escala Likert 1-7). La finalidad de aplicar este cuestionario es contar con un punto de comparación para la evaluación de la utilidad y facilidad de uso de las herramientas.

2.3 Herramientas

En la Tabla 1 se muestran las interfaces de usuario de las Herramientas que fueron evaluados. Como se puede notar se evaluó una lista de contactos tradicional de un Smartphone con sistema operativo Android. La otra herramienta evaluada es un prototipo que se denominó Smart-Interaction, el cual muestra una lista de contactos personalizada con los indicadores de disponibilidad.

Tabla 1. Prototipos

Lista de Contactos Tradicional	Smart-Interaction
	
<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta de comunicación que consiste en la lista de personas almacenadas dentro de un dispositivo móvil. • Trabaja en cualquier sistema operativo para celular o tableta. • Contiene: número telefónico, nombre, apellido, correo electrónico, entre otros. • Organizados por orden alfabético contactos personales, profesionales, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipo de herramienta de comunicación para dispositivos móviles que da soporte a los Inicios de Interacción Informados. • Trabaja en Sistemas Operativos Android (Celular o Tableta). • Contiene: número telefónico, nombre, apellido, puesto, proyecto en el que se está trabajando, actividad, ciudad y Zona horaria. • Muestra el listado de proyectos existentes dentro

<ul style="list-style-type: none">• Muestra el listado de contactos por nombre o apellido.	<ul style="list-style-type: none">• del grupo de trabajo.• Muestra el grado de disponibilidad de los usuarios del grupo de trabajo (verde, amarillo o rojo).• Muestra el perfil del usuario que se desea contactar.• Muestra agenda del usuario a contactar
--	--

2.4 Procedimiento

El procedimiento utilizado para el desarrollo de la presente investigación constó de cuatro etapas:

- 1. Revisión bibliográfica.** Con esta etapa se obtuvo la información necesaria para la identificación de trabajos previos, hallazgos referentes a interacción y creación de un modelo de evaluación de un prototipo que soporte a los inicios de interacción informados.
- 2. Creación de escenarios.** Se estudiaron distintos escenarios, los cuales representaban las situaciones en las que los desarrolladores enfrentaban la necesidad de interactuar con un colega para resolver una duda o problemas. Con base a esto, se crearon Storyboards o guión gráfico con el fin de describir a detalle lo que se realizaría en los videos. El primer video presentaba un contexto de uso de una lista de contactos tradicional que ayude a iniciar la interacción con alguno de los colaboradores de su grupo. El segundo video presentaba el mismo contexto del primer video, solamente que en esta ocasión, se utilizaba el prototipo Smart-Interaction como una herramienta para resolver dicha problemática, así como su funcionamiento. Para esto se creó un ambiente tecnológico para poder facilitar a los participantes tres dispositivos móviles (Tableta y Celular) donde cada uno de ellos pudiera hacer uso del prototipo conforme se presentaba el contexto de los videos.
- 3. Caracterización de Usuarios.** Basados en la literatura, se estudiaron los roles y las características de las actividades de los desarrolladores de software, con la finalidad de identificar situaciones que suceden ejemplifiquen lo más apegado a la realidad. Ya con esto, se identificaron empresas desarrolladoras de software que colaboran en ambientes distribuidos y se le invitó a participar como evaluadores.
- 4. Evaluación.** Teniendo dos formas de visualización de la información, se procedió a la evaluación basada en escenarios, con el objetivo de obtener la facilidad de uso general del sistema, el factor utilidad del sistema y el factor uso del sistema. Los datos se obtuvieron mediante el TAM, mismos que ayudaron a generar las conclusiones de esta investigación.

3 Resultados

Esta evaluación fue enfocada a la comprobación de las siguientes hipótesis:

- H1. Los participantes percibirán que el prototipo Smart-Interaction es más útil que la Lista de Contactos Tradicional
- H2. Los participantes percibirán que el prototipo Smart-Interaction es más fácil de usar que la Lista de Contactos Tradicional

3.1 Resultado TAM: Modelo de Aceptación de Tecnología

Los resultados obtenidos para ambas herramientas se muestran a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados TAM.

TAM: MODELO DE ACEPTACIÓN DE TECNOLOGÍA			
Factor de Utilidad del Sistema			
Elementos de la escala		Lista de Contactos Tradicional	Smart Interaction
		Media (Desv. Est.)	Media (Desv. Est.)
E1:	Utilizando el sistema en mi trabajo podría llevar a cabo mis tareas más rápidamente	4.35 (1.279)	5.45(1.207)
E2:	Utilizando este sistema mejoraría mi desempeño laboral.	4.00 (1.342)	5.10(1.300)
E3:	Utilizando el sistema mejoraría mi efectividad en el trabajo.	3.97 (1.278)	5.10(1.193)
E4:	Utilizando el sistema incrementaría mi productividad	4.00(1.612)	5.06(1.209)
E5:	Utilizar el sistema haría que fueran más fáciles las tareas de mi trabajo	3.58(1.409)	5.00(1.125)
E6:	Encontraría útil el sistema en mi trabajo	4.35(1.199)	5.74 (0.999)
MEDIA		4.04 (1.353)	5.24 (1.172)
Factor de Uso del Sistema			
Elementos de la escala		Lista de Contactos Tradicional	Smart Interaction
		Media (Desv. Est.)	Media (Desv. Est.)
E7:	Aprender a operar el sistema sería fácil para mí	5.77 (1.586)	6.55 (0.723)
E8:	Encontraría fácil que el sistema hiciera lo que yo quiero que haga	4.77 (1.543)	5.65 (0.798)
E9:	Interactuar con el sistema sería claro y entendible	5.29 (1.465)	5.97 (1.169)
E10:	Encontraría flexible interactuar con el sistema	5.19 (1.424)	6.23 (0.717)
E11:	Es fácil llegar a ser hábil en el uso del sistema	5.77 (1.334)	6.45 (0.675)
E12:	Considero que el sistema es fácil de usar	5.87 (1.258)	6.61 (0.558)
MEDIA		5.45 (1.435)	6.24 (0.773)

Como se puede apreciar en la Tabla 1, en los primeros 6 reactivos correspondientes al factor de utilidad, la media general en la escala fue de 4.04 (Desv. Est. = 1.353) para el uso de una Lista de Contactos tradicional, lo cual pone la utilidad de esta herramienta según los participantes en el rango (Neutral), diferenciándolo únicamente por 0.04 a que los participantes estén (Ligeramente en desacuerdo). Sin embargo, el prototipo Smart-Interaction obtuvo un valor de 5.24 (Desv. Est. =1.172). Se puede notar que en el reactivo E6 correspondiente a si encontrarían útil el sistema en su trabajo, Smart-Interaction obtuvo

una media de 5.74 (Desv. Est.= 0.999), muy cerca del rango de "Muy de Acuerdo" mientras que para la Lista de Contactos Tradicional se quedaron en (Neutral).

De igual manera en Tabla 1, en los reactivos del E7 al E12 correspondientes a la Facilidad de uso del sistema, los participantes determinaron estar "Muy de acuerdo", ya que el factor de Facilidad de Uso del sistema Smart-Interaction fuera el más alto con una media general de 6.24 (Desv. Est.= 0.773), mientras que para el sistema de uso de una Lista de Contactos tradicional estuvieron "Ligeramente de acuerdo" con una media de 5.45 (Desv. Est. =1.435). Los participantes también determinaron estar "Muy de acuerdo" con que (E7) Aprender a operar el sistema sería fácil para ellos con una media para Smart-Interaction de 6.55 (Desv. Est.= 0.723), mientras que para el uso de una Lista de contactos tradicional estuvieron "Ligeramente de acuerdo" con un promedio de 5.77 (Desv. Est. =1.586). De igual manera, estuvieron "Muy de acuerdo" con que (E10) Encontrarían flexible interactuar con el sistema Smart-Interaction con una media de 6.23 (Desv. Est. =0.717) y con una media de 5.19 (Desv. Est. 1.424) para el sistema Lista de Contactos Tradicional. La mayoría de los participantes (E12) consideraron que el sistema Smart-Interaction es fácil de usar, obteniéndose una media de 6.61 (Desv. Est. =0.558) muy cercano a "Extremadamente de acuerdo", mientras que para el uso de una Lista de Contactos tradicional se obtuvo una media de 5.87 (Desv. Est.=1.258), muy cercano a estar "Muy de acuerdo".

Para probar que estas diferencias de medias eran estadísticamente significativas se aplicó una prueba *t* de Student para muestras relacionadas, la cual consiste en comparar dos mediciones de puntuaciones (medias aritméticas) y determinar que la diferencia no se deba al azar (que la diferencia sea estadísticamente significativa).

En cuanto a Utilidad la media aritmética fue 4.04 cuando se utiliza una Lista de Contactos tradicional, y 5.24 cuando se utiliza Smart-Interaction. Esta diferencia es significativa, puesto que $t_{.05} = 5.899$ y $p = 0.000$ (siendo $p < 0.05$). Esto pudo haber sido porque el Smart-Interaction cuenta con los elementos de información necesarios para los inicios de interacción informados para apoyar a no interrumpir en momentos inoportunos, ayudando así al usuario a inferir que tanto interés podría tener el receptor en atenderlo en ese momento. Estos valores por lo tanto nos indican que la herramienta Smart-Interaction fue percibida como más útil para iniciar una interacción con algún colaborador en el DSD que una Lista de Contactos Tradicional. Por lo tanto se acepta H1.

En cuanto a la Facilidad de Uso percibida fue de 5.45 cuando se utilizó una Lista de Contactos Tradicional, y 6.24 cuando se utilizó Smart- Interaction. Esta diferencia es significativa, puesto que $t_{.05} = 3.738$ y $p = 0.001$ (siendo $p < 0.05$). Por lo que H2 es aceptada. Esta diferencia pudo haber sido por que la forma de operar de Smart-Interaction es fácil y los usuarios encontraron flexible interactuar con el sistema, ya que no varía mucho la forma de utilizar Smart-Interaction en comparación de la Lista de Contactos Tradicional, sin embargo, en la información obtenida al momento de utilizar Smart-Interaction es muy amplia en comparación con la Lista de Contactos Tradicional.

En base a estos resultados se puede decir que Smart-Interaction fue percibida por los participantes como la herramienta con mayor facilidad de uso en comparación a la Lista de Contactos Tradicional.

4 Conclusiones

En este trabajo se presenta la evaluación de una herramienta prototipo con soporte para inicios de interacción informados. Dicha herramienta proporciona elementos de información que ayudan a conocer en que actividad y proyecto se encuentra trabajando un colega en un determinado tiempo. Para esto se realizó una evaluación de utilidad y facilidad de uso con el apoyo del Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM).

Los resultados del TAM fue positivas con niveles altos de aceptación, haciendo notar que Smart-Interaction fue percibida como la herramienta más útil y fácil de usar, en comparación con una Lista de Contactos Tradicional, la cual es utilizada normalmente para iniciar una interacción con algún integrante del grupo de trabajo. Es importante mencionar que la propuesta Smart-Interaction fue considerada útil debido a que cuenta con elementos de información que facilitan los inicios de interacción informados en el momento, lo cual apoya al usuario que inicia la interacción pues le ayuda a inferir si el momento es oportuno para interrumpir al contacto. De esta manera, la herramienta prototipo también ayuda al usuario que inicia la interacción a inferir el grado de interés podría tener el receptor en atenderlo en ese momento.

Referencias

1. Aranda G, Cechich A, Vizcaíno A Applying Cognitive Informatics to Improve Communication in Geographically Distributed Environments. In: VI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, WICC 2004, Neuquén, Argentina, May, 2004 2004. pp 1-5
2. Cataldo M, Herbsleb JD (2008) Communication patterns in geographically distributed software development and engineers' contributions to the development effort. Paper presented at the Proceedings of the 2008 international workshop on Cooperative and human aspects of software engineering, Leipzig, Germany,
3. Ågerfalk PJ, Fitzgerald B, Holmström H, Conchúir E (2008) Benefits of Global Software Development: The Known and Unknown. Paper presented at the International Conference on Software Process, Leipzig, Germany,
4. Norbert S Enhancing GSS-based Requirements Negotiation with Distributed and Mobile Tools. In: Christoph H, Erich K, Paul Gn (eds), 2005. pp 87-92
5. Mark G, Gudith D, Klocke v The cost of interrupted work: more speed and stress. In: The Twenty-Sixth Annual SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Florence, Italy, 2008. ACM Press, pp 107-110
6. B. P. Bailey, Konstan JA (2006) On the need for attention-aware systems: Measuring effects of interruption on task performance error rate and affective state. *Computers in Human Behavior* 22 (4):685–708
7. Spira JB, Feintuch JB, Basex (2005) The Cost of Not Paying Attention: How Interruptions Impact Knowledge Worker Productivity. Basex,
8. Aranda G, Vizcaíno A, Piatini M (2010) A framework to improve communication during the requirements elicitation process in GSD projects. Springer-Verlag London Limited 2010 15 (4):397-417

246 Consuelo Esperanza Álvarez-Sánchez, Ramón René Palacio-Cinco, Carlos Jesús Hinojosa-Rodríguez, Joaquín Cortez-González

9. Aranda GN, Vizcaíno A, Hernández JL, Palacio RR, Morán AL (2011) Trusty: a tool to improve communication and collaboration in DSD. Paper presented at the Proceedings of the 17th international conference on Collaboration and technology, Paraty, Brazil,
10. Vidal MY, Palacio RR, Morán AL, Vizcaíno A, Ruiz EC Soporte para iniciar interacción mediante un indicador de disponibilidad: Implicaciones de diseño. In: 5to.Congreso Internacional en Ciencias Computacionales (CiComp 2012), Ensenada, B.C. México, 2012. pp 155-156
11. Davis FD (1989) Perceived Usefulness, Perceived Ease Of Use, And User Acceptance Of Information Technology. MIS quarterly 13 (3):23

Propuesta del Diseño y Construcción de un Vehículo Aéreo No Tripulado

Angel Ignacio Ocaña-Benítez, Guillermo Valencia-Palomo, José Antonio Hoyo-Montaño,
Rafael Armando Galaz Bustamante.

Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación,
Av. Tecnológico S/N, Col. El Sahuaro, CP. 83170, Hermosillo, Sonora, México.
angelocanaa@gmail.com, gvalencia@ith.mx,
rafael_galaz_b@yahoo.com.mx

Resumen. Desde el inicio del tiempo, en el mundo siempre se han presentado los desastres naturales, en la actualidad estos siguen haciendo acto de presencia devastando ciudades y ecosistemas completos, en muchas ocasiones las personas afectadas por estos fenómenos quedan incomunicadas, desaparecidas e incluso pierden la vida a causa de estos. Como se sabe, las misiones de reconocimiento, atención médica y rescate se ven comprometidos por las condiciones de la zona de desastre, incluso los vehículos aéreos convencionales corren riesgos debido a su tamaño al tratar de entrar en espacios confinados para ayudar a las personas afectadas. El objetivo de este trabajo es diseñar y construir un vehículo aéreo no tripulado UAV (Unmanned Aerial Vehicle) operado a control remoto, capaz de acceder a estas zonas confinadas para realizar las misiones de reconocimiento y rescate de manera segura, se propone específicamente un cuadracóptero debido a su diseño y estabilidad de vuelo que posee.

Palabras clave: UAV, Cuadracóptero.

1 Introducción

Cuando ocurre un desastre natural en alguna parte del planeta, los daños producidos por este fenómeno, en la mayoría de los casos terminan afectando de manera significativa al ser humano, llámese perdiendo propiedades, bienes, afectando su salud e incluso perdiendo la vida. Recordando algunos de los fenómenos naturales para desgracia más trascendentes ocurridos tenemos el Ciclón Naragis, que en Abril del año 2008 en las costas de Birmania, dejó más de 90,000 muertos y 56,000 desaparecidos, por ultimo podemos mencionar el Tsunami ocurrido en Japón en Marzo 2011, que al ser producido

Angel Ignacio Ocaña-Benítez, Guillermo Valencia-Palomo, José Antonio Hoyo-Montaño y Rafael Armando Galaz Bustamante, *Propuesta del Diseño y Construcción de un Vehículo Aéreo No Tripulado*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 247-252, 2014.

por un terremoto previo de gran magnitud, este alcanzo olas de hasta 40 metros de altura, que devastaron las costas Japonesas, dejando cerca de 16,000 muertos y más de 3,000 desaparecidos.

El motivo de informar sobre estos desastres es observar, que ocurridos estos, las rutas de comunicación, los sistemas energéticos, así como el sistema de atención médica quedan en muchas de las ocasiones completamente destruidos o inoperables, además que las personas afectadas pueden quedar atrapadas en espacios confinados teniendo necesidades de atención médica urgente, o posiblemente el clima no sea el apropiado para iniciar una misión de reconocimiento y exploración oportuna, los medios de rescate en su mayoría aéreos dependen del manejo humano para llegar hasta esos lugares, comprometiendo también la vida de los rescatistas o impidiendo el acceso a este tipo de espacios por la dimensión de las aeronaves. Estas razones fueron fundamentales para darse cuenta que es necesario implementar un dispositivo autónomo u operado a distancia capaz de realizar estas misiones de reconocimiento y transportar elementos médicos de primera necesidad, llámense vacunas o soluciones a las personas afectadas, por esto, el objetivo de esta investigación es diseñar y construir de un vehículo aéreo no tripulado UAV específicamente un Cuadrocóptero basado en la integración de una plataforma Arduino y de la programación de control mediante un microcontrolador AVR.

A continuación se mencionan algunos trabajos previos relacionados con la investigación, los cuales considero importantes destacar, ya que se pueden complementar ideas de algunos de ellos para el desarrollo del proyecto de investigación.

Una de las investigaciones consultadas es acerca del Diseño y construcción de un Cuadrocóptero para uso civil, con materiales de bajo costo y brindando el mayor rendimiento posible, aunado también a manejar un sistema de control sencillo de entender y un *software* del vehículo fácil de actualizar [1].

También se encontró una investigación donde se desarrollaron Quadrocópteros para aplicaciones militares de reconocimiento, donde se puede ver que estos vehículos aéreos no tripulados funcionan como si fuesen pilotos, sin tomar estos el riesgo que las misiones puedan traer [5].

Otra investigación fue realizada en el 2012 por un Ingeniero Mecánico que obtuvo su grado de Maestro en ciencias de la Aeronáutica en el Tecnológico de Massachusetts, dicha investigación compara los beneficios que conlleva implementar hélices de paso variable en lugar de hélices de paso fijo, que si bien estas son más simples y económicas, limitan las funciones de maniobras del vehículo, en cambio se comprobó que las de paso variable mejoran considerablemente las características y funcionalidad de vuelo, como lo es el vuelo invertido y en maniobras acrobáticas avanzadas [3].

Otra de las investigaciones menciona que se desarrolló un vehículo aéreo sin tripulación con dos finalidades principalmente, una de ellas es conseguir que este dispositivo sea completamente autónomo durante su operación en vuelo, y la otra es poder realizar pruebas de vuelo utilizando una cámara para tener una vista del recorrido mientras se desempeña el vuelo [6].

2 Marco Teórico

En este apartado se muestran algunos fundamentos teóricos que se deben considerar al momento de comenzar con el diseño y la construcción del vehículo.

2.1 Control

La ingeniería de control tiene como cualidad más importante es que tiene como área de oportunidad controlar máquinas y procesos industriales. Esto se logra a través de los fundamentos teóricos de la retroalimentación y el análisis del sistema, integrando también teorías de redes y de comunicación. Esto hace que la ingeniería de control no esté limitada a ninguna disciplina de la ingeniería.

Un sistema de control es una interconexión de componentes que forman una configuración del sistema que proporcionará una respuesta deseada. La base para el análisis de un sistema es el funcionamiento proporcionado por la teoría de los sistemas lineales, que supone una relación entre causa y efecto para sus componentes [2].

Variable controlada y variable manipulada

La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada. Normalmente, la variable controlada es la salida del sistema. Es decir, se mide y se manipula una variable del sistema para corregir o limitar la desviación del valor medido respecto del valor deseado [4].

Planta

Una planta puede ser una parte de un equipo, tal vez un conjunto de los elementos de una máquina que funcionan juntos, y cuyo objetivo es efectuar una operación particular.

“Se le llamará planta a cualquier objeto físico que se va a controlar; como un horno de calefacción, reactor químico un mecanismo etc.”[4].

Proceso

Se puede definir un proceso como una operación o un desarrollo natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que se suceden unos de una forma relativamente fija y que conducen a un resultado o propósito determinados.

“Se le llamará proceso a cualquier operación que se va a controlar. Algunos ejemplos son los procesos químicos, económicos y biológicos”[4].

Perturbaciones

Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina interna, y la externa se genera fuera del sistema y es una entrada. No solo se tiene que conocer los elementos de un sistema de control, sino también su clasificación. Los sistemas pueden ser de lazo abierto o de lazo cerrado. Un control de lazo abierto utiliza un regulador o un actuador de control para obtener la respuesta deseada. Véase figura 1, [3].

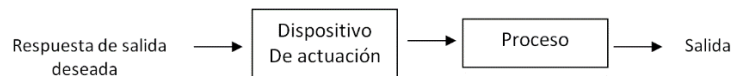


Figura 1 Diagrama de control lazo abierto [2].

En contraste con un sistema de lazo abierto, un sistema de control en lazo cerrado utiliza una medida adicional de salida real, para después compararla con la respuesta de la salida deseada. La señal medida de la salida se le conoce como señal de retroalimentación.

Estos sistemas tienden a mantener una relación prescrita de una variable del sistema con otra. Esto se muestra en la Figura 2 [2].

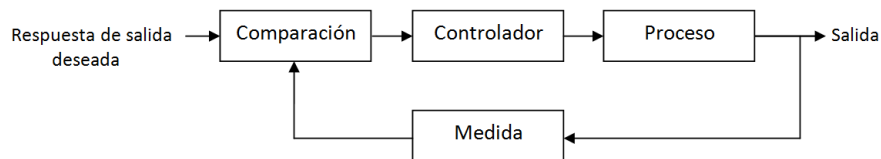


Figura 2 Diagrama de control de lazo cerrado [2].

Un sistema retroalimentado requiere de diferentes componentes para su operación. El primero de los componentes es el controlador. Se suelen usar microcomputadores para hacer el control de los sistemas.

3 Propuesta de Solución

Como se menciona al inicio del artículo, la propuesta de solución se basa en el diseño, construcción e implementación de un vehículo UAV construido basado en una plataforma Arduino integrado con un controlador AVR Atmega; También se presenta la importancia de elegir este dispositivo como controlador, así como la contribución que implica el desarrollo de aplicar esta propuesta de solución.

3.1 Plataforma Arduino Uno

Existen varios modelos de placas Arduino, cada de ellas con características y elementos diferentes siempre dependiendo de la necesidad y por supuesto la aplicación que se esté buscando, sin embargo, la placa más utilizada es la Arduino Uno, esta puede considerarse como plataforma estándar y desde que fue creada ha sufrido 3 modificaciones, siendo esta última la Arduino Uno R3, dicha placa se acomoda a las necesidades del proyecto por su versatilidad y popularidad, a continuación se muestra una imagen (Véase Figura 3) de la placa vista superior [7].

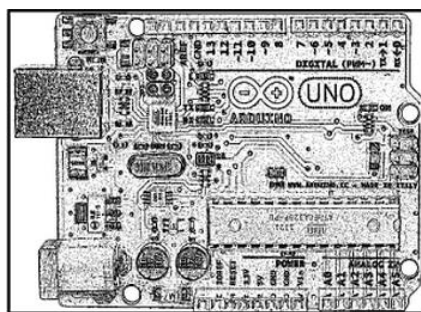


Figura 3 Vista Superior placa Arduino Uno R3 [7].

3.2 Microcontrolador AVR Atmega328P

Teniendo seleccionada nuestra placa Arduino, ahora solo falta el controlador que se hará cargo de ejecutar cada línea de código, uno de los más compatibles con la Arduino Uno, es el AVR Atmega328P, desarrollado por Atmel. Esta compañía desarrolló previamente el Atmega328, un buen circuito de control para ciertas aplicaciones, pero la ventaja que ofrece la P de la serie final de Atmega es la tecnología *PicoPower* la cual hace el dispositivo más eficiente en cuanto a consumo de corriente durante periodos de hibernación. Además de que el controlador mencionado cuenta con algunas características que lo hacen candidato a seleccionar para controlar el UAV, estas cualidades son: el número de entradas/salidas digitales que posee (14), el número de Entradas/salidas analógicas (6), las capacidades de sus memorias Flash (32 KB), SRAM (2 KB) y EEPROM (1KB), su velocidad de reloj (16 MHz) [7].

Utilizaremos también 4 motores de tipo Brush-less para dar el empuje a cada una de las hélices que elevarán la unidad UAV, así como también se controlará la estabilidad aérea mediante una central inercial que medirá las señales y las enviará al Atmega328 para que este ejecute los códigos de programa correspondientes. Dicha central de sensores está compuesta por un giroscopio (ejes X, Y y Z), además de acelerómetros en cada eje para mantener una posición de equilibrio respecto a un punto establecido.

3.3 Contribución de la Investigación

Con la implementación del vehículo UAV se marca una pauta para el desarrollo de dispositivos de este tipo en las misiones de reconocimiento y rescate después de ocurridos los desastres naturales, propiciando la fabricación de estos dispositivos utilizando componentes comerciales y de fácil acceso como lo son las plataformas Arduino y los controladores Atmega.

4 Conclusiones

Se puede concluir que con el desarrollo de esta investigación, el hombre se acerca cada vez más a la implementación de Vehículos Aéreos No Tripulados UAV capaces de operar de manera autónoma para desempeñar diferentes tareas, no solo aplicaciones militares como en su mayor parte se conoce, sino también aplicaciones destinadas a la exploración y el reconocimiento geográfico en zonas devastadas, así como también aplicaciones relacionadas con atención médica oportuna

Por estas razones es muy importante el desarrollo futuro de esta investigación, hasta este momento teniendo una propuesta de solución no representa el fin de la investigación, sino también es necesario la construcción del vehículo y las pruebas de vuelo para efectivamente establecer que se logra dar fin a la problemática planteada desde el inicio del artículo.

Referencias

1. Burkamshaw, L. (2010), Towards a Low-Cost Quadrotor Research Platform, Tesis de Maestría, University of New South Wales.
2. Dorf, R., Bishop, R. (2004), Sistema de control moderno. 10ma edición. Editorial McGraw Hill.
3. Johnson Cutler M. (2012) Design and Control of an Autonomous Variable-Pitch Quadrotor Helicopter, Tesis de Maestría, Massachusetts Institute of Technology.
4. Ogata, K. (2002). Sistemas de control modernos. 4ta edición. Editorial McGraw Hill.
5. Pounds, P. (2007), Design, Construction and Control of a Large Quadrotor Micro Air Vehicle. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Australia.
6. Riquelme Bernal, M. (2013), Diseño y Construcción de un avión no tripulado basado en sistemas y dispositivos COTS. Trabajo de Carrera, Universidad de Cartagena.
7. Torrente Artero, O. (2013), ARDUINO: Curso Práctico de Formación. RC Libros.

Diseño de seguidor solar en un sistema de alta concentración para celdas termoiónicas, usando óptica de Köhler.

Christian Dávila-Peralta¹, Rafael García-Gutierrez², Camilo A. Arancibia-Bulnes³, Rafael E. Cabanillas-Lopez⁴, Ricardo Rodríguez-Carvajal¹.

Universidad de Sonora, ¹Departamento de Ingeniería Industrial, ²Departamento de Investigación en Física, ⁴Departamento de Ingeniería Química
Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México
cdavila@vinculacion.uson.mx, rgarcia@cifus.uson.mx,
rcabani@iq.uson.mx, ricardo@industrial.uson.mx
³Instituto de Energías Renovables – UNAM,
Privada Xochicalco S/N CP. 62580, Temixco, Morelos, México.
caab@ier.unam.mx

Resumen. Para innovar en la producción de energía mediante fuentes renovables es necesario trabajar en conjunto varias disciplinas de la ingeniería. Las tecnologías de concentración fotovoltaica han ganado terreno los últimos años como una solución eficiente y con potencial de reducir los costos de la producción energética, pero suponiendo algunos retos como la precisión en el seguimiento solar y el enfriamiento de las celdas solares. Se propone el diseño de un dispositivo de seguimiento solar para paneles de alta concentración que integra tres tecnologías desarrolladas en diferentes instituciones, con potencial de competir con las tecnologías fotovoltaicas convencionales en economías de escala.

Palabras clave: Concentración Solar, Seguidor Solar, Mecanismo Solar, Óptica Köhler, Concentración parabólica.

1 Introducción

Se reporta el inicio de un proyecto de investigación en el cual se diseñará, construirá y probará un dispositivo de seguimiento solar de alta concentración, utilizando la tecnología óptica de Köhler desarrollada en la Universidad de Arizona, así como la experiencia en el diseño de seguidores solares de la Universidad de Sonora, y con la posibilidad de adaptar la tecnología de celdas solares termoiónicas actualmente en desarrollo por el

Christian Dávila-Peralta, Rafael García-Gutierrez, Camilo A. Arancibia-Bulnes, Rafael E. Cabanillas-Lopez y Ricardo Rodríguez-Carvajal, *Diseño de seguidor solar en un sistema de alta concentración para celdas termoiónicas, usando óptica de Köhler*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 253-259, 2014.

254 Christian Dávila-Peralta, Rafael García-Gutierrez, Camilo A. Arancibia-Bulnes, Rafael E. Cabanillas-Lopez, Ricardo Rodriguez-Carvajal

Departamento de Investigación en Física de la misma institución. El proyecto de tesis se encuentra dentro del proyecto titulado "Producción de electricidad solar mediante sistemas de disco parabólico, a partir de fotoceldas de alta eficiencia y dispositivos termoiónicos avanzados" financiado por el programa de Centros Mexicanos de Innovación Energética Solar, el cual involucra académicos de la UNAM, Universidad de Sonora y Universidad de Arizona.

2 Marco Teórico

2.1 Sustentabilidad energética

El cambio climático es causado por varias actividades humanas, pero el mayor contribuidor es el incremento del efecto invernadero producido por el dióxido de carbono, el cual se libera en su mayoría por la quema de combustibles fósiles. "El problema del cambio climático es mayormente un problema de energía" [1].

La mejor manera de reducir el calentamiento global es, sin duda, bajar las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero. El problema es que la economía mundial es adicta a la energía, producida en su mayoría por combustibles fósiles. Dado que el crecimiento económico y el aumento de la población mundial requieren más y más energía, no podemos dejar de utilizar los combustibles fósiles de forma rápida, ni en un corto plazo [2].

Parte de la solución puede ser la energía solar, misma que es referida como energía renovable o sustentable porque estará disponible mientras que el sol continúe brillando. Las estimaciones para el período de vida de la etapa principal del sol calculan unos 5 mil millones de años [3].

En 2011, la Agencia Internacional de la Energía expresó: "El desarrollo de tecnologías solares limpias, baratas e inagotables supondrá un enorme beneficio a largo plazo. Aumentará la seguridad energética de los países mediante el uso de una fuente de energía local, inagotable y, aún más importante, independientemente de importaciones, aumentará la sostenibilidad, reducirá la contaminación, disminuirá los costes de la mitigación del cambio climático, y evitará la subida excesiva de los precios de los combustibles fósiles. Estas ventajas son globales. De esta manera, los costos para su incentivo y desarrollo deben ser considerados inversiones; deben ser realizadas de forma sabia y deben ser ampliamente difundidas" [4].

2.2 Oportunidades en la región para la producción de energía solar

Las energías renovables ofrecen beneficios más allá de kilowatts-hora (unidad de energía); como los son nuevos empleos, ambientes más limpios, seguridad energética y otros. Es por eso que muchos países pertenecientes al OECD se han dirigido hacia las energías renovables en sus planes energéticos; incluso, algunos de ellos han invertido en

el desarrollo de la industria de energías renovables local, y están entrando agresivamente a este nuevo mercado [5].

Algunas investigaciones apuntan a que México es uno de los cinco países más atractivos para invertir en proyectos solares fotovoltaicos, solamente detrás de China y Singapur [6]. El potencial de la energía solar en México es uno de los más grandes en el mundo [7], debido a que se encuentra en llamado “Cinturon Solar” con radiación que excede los 5 KWh por metro cuadrado al día [8]. En México, el potencial energético solar se encuentra acumulado en el noroeste, con una radiación que va desde 5.6 hasta 6.1 KWh/m² al día [9].

Otro aspecto importante es que México es el principal proveedor de módulos fotovoltaicos de Latinoamérica, con una capacidad de producción anual por arriba de 276 MW; que representa oportunidades de desarrollo económico para el país, mediante la el desarrollo de tecnologías de aprovechamiento de energía solar nacionales. Sin embargo, las principales compañías desarrolladoras de proyectos fotovoltaicos son, en su mayoría, extranjeras como: Abengoa, Abener, Del Sol Systems, Microm, Iberdrola y Siliken [10].

2.3 Tecnología de concentración fotovoltaica

Los sistemas de concentración fotovoltaica hacen uso de grandes áreas de lentes o espejos que enfocan la luz del sol en un área pequeña de celdas fotovoltaicas. Estos sistemas usan seguimiento de uno o dos ejes para mejorar la eficiencia y sus principales ventajas es que reducen el uso del costoso material semiconductor e incrementan el radio de concentración. Las limitaciones son los costos de enfocar, los costos de seguimiento solar y de enfriamiento [11].

La eficiencia de las celdas solares puede ser mejorada significativamente al apilar varias celdas con diferentes brecha energética (bandgap), de mayor a menor. De esa manera, cada celda solar convierte parte del espectro solar a una máxima eficiencia. El arreglo funciona de manera que la primera celda con una larga brecha energética convierte la luz de corta longitud de onda del espectro solar, transmitiendo la otra parte a la siguiente celda, y así continuamente. Dos celdas en serie tienen una eficiencia teórica máxima de 41.9%, y si se apila un número mayor de celdas se puede superar el 50%. Ese arreglo en tándem puede ser realizado con una secuencia de capas delgadas o ser incorporadas a sistemas de concentración [12].

La concentración solo puede ser lograda con luz solar directa, que puede ser concentrada por elementos ópticos que siguen al sol. Si el factor de concentración es muy alto, entonces el costo de la celda solar es solo una pequeña parte del costo del sistema, por lo que la celda solar puede ser cara mientras la eficiencia sea muy alta [13].

El libro “Solar energy fundamentals” [3] resume el tipo de arreglos ópticos utilizados en colectores de concentración. El disco parabólico utiliza una superficie reflectora que concentra la luz en un punto, arreglos de varios discos pequeños son también utilizados. El canal parabólico utiliza una superficie reflectora curvada a lo largo de una dimensión, de manera que concentra la luz solar en una línea. Lentes de una superficie son utilizados

para concentrar la luz en el punto focal detrás del lente, para el cual también pueden ser utilizados lentes de Fresnel planos. Existe también la tecnología de espejos de Fresnel, que utilizan varios espejos planos colocados de manera que todos reflejen la luz solar a un punto que puede ser lineal o puntual.

En todos los casos, es necesario que el arreglo óptico utilizado siga al sol, de otra manera los rayos solares fuera de eje harían reflexiones inconvenientes, y la intensidad de la concentración de la radiación en un punto o línea va a ser debilitada. En el enfoque puntual, se necesita un mecanismo de seguimiento de dos ejes. En el enfoque lineal, basta con que se siga al sol en un solo eje, a lo largo del día [3].

El diseño de concentradores fotovoltaicos introduce problemas de diseño ópticos muy específicos, con características que los hacen diferentes de cualquier otro diseño óptico. Tiene que ser eficiente, adecuado para la producción en masa, capaz de altas concentraciones, insensible a las inexactitudes de manufactura y montaje, y capaz de proveer iluminación uniforme a las celdas. Cuando se requiere alta concentración, es probable que para el éxito comercial del sistema se cuente con un ángulo de aceptación. Esto permite tolerancias en producción masiva de todos los componentes, relaja el ensamblaje del módulo y de la instalación del sistema, y baja los costos de los elementos estructurales. Como el principal objetivo de la concentración fotovoltaica es hacer a la energía solar una solución barata, se requiere disminuir el número de elementos y alcanzar un mayor ángulo de aceptación que permita relajar los requerimientos mecánicos y ópticos, así como el ensamble, la instalación y la estructura de soporte [4].

2.4 Tecnología desarrollada en Universidad de Arizona

El sistema consta de tres partes principales, los reflectores curvados, la unidad de potencia y enfriamiento, y el mecanismo de seguimiento solar. Los reflectores son fabricados a partir de vidrio flotado, el mismo tipo del que se manufactura en grandes volúmenes para ventanas. El proceso de moldeo de estos reflectores toma hojas de vidrio plano que son primeramente moldeadas a una forma curvada, y después plateada su parte posterior para obtener una alta reflectividad.

La principal innovación del sistema es la que integra la unidad de potencia y de enfriamiento. La unidad de potencia consiste primeramente en un arreglo óptico de Khöler, el cual contiene una esfera de sílice cuyo centro es colocado en el punto focal de la superficie reflectora, que a su vez está formada por una parábola aximétrica de espejo de ventana. La esfera distribuye la radiación solar en un arreglo de celdas fotovoltaicas multi-unión colocadas detrás de la esfera en una superficie curvada, aun cuando el seguimiento se encuentra fuera de eje. Este arreglo óptico permite un grado de aceptación de 1.5° , relajando los requerimientos de precisión del seguimiento [14].

3 Antecedentes y Descripción del Problema

La adopción de sistemas para la producción de energía solar interconectada en red depende en gran medida de los costos de producción energética, los cuales, son comparados contra fuentes convencionales como las provenientes de combustibles fósiles. Los proyectos de producción de energía solar son evaluados por el costo de producción de energía (LCOE) y el período de retorno a la inversión, elementos claves en la toma de decisiones de un proyecto de inversión.

En la Universidad de Arizona [15] se cuenta con diseños y prototipos de sistemas de producción de energía mediante fotoceldas de alta concentración, los cuales utilizan espejos curvados y arreglos ópticos de Köhler, que son montados sobre mecanismos de seguimiento solar. Dicha tecnología adapta un dispositivo de seguimiento solar desarrollado para aplicaciones diferentes, por lo que carece de la confiabilidad necesaria para la operación en condiciones normales.

En la Universidad de Sonora, se ha trabajado en tecnologías termoiónicas de concentración [16], y se ha propuesto utilizar estos dispositivos en conjunto con ciclos térmicos en donde se podrían esperar eficiencias modestas de un 20% del dispositivo PETE, y en conjunto con un generador de fotoceldas de alta eficiencia de alrededor de 35% de eficiencia. Se podría impulsar una eficiencia neta del sistema por encima del 45%, según estudios previos [17] que corroboran esta información. Sin embargo es necesaria una gran concentración solar para operar esta tecnología, lo que implica óptica de precisión y seguimiento solar.

Por otro lado, en el Laboratorio de Concentración y Química Solar (LACYQS) se han desarrollado prototipos de seguimiento solar para la tecnología de torre central. Dichos prototipos fueron diseñados para su operación como heliostatos, teniendo algunas similitudes con la aplicación HCPV, como el movimiento altazimutal de pedestal; pero con diferencias clave como la precisión del movimiento y la tolerancia a la deformación de su estructura.

Las tres tecnologías han presentado buenos resultados cuando se estudiaron por separado, aunque no se aprovecha su potencial al máximo. Sin embargo, existe la posibilidad de integrarlas en una solución de producción de energía limpia, eficiente y rentable en economía de escala. Debido a esta necesidad se creó el proyecto “Producción de electricidad solar mediante sistemas de disco parabólico, a partir de fotoceldas de alta eficiencia y dispositivos termoiónicos avanzados”, que integra académicos de 3 diferentes instituciones y que tiene como objetivo la creación de una solución que integre las 3 tecnologías en un diseño novedoso.

4 Propuesta de Solución

Soluciones integrales que desarrollen dispositivos capaces de producir energía limpia para satisfacer el creciente consumo de la humanidad, son requeridas para hacer de la energía solar una opción viable y adecuada para reducir, de manera sustancial, la demanda por

258 Christian Dávila-Peralta, Rafael García-Gutierrez, Camilo A. Arancibia-Bulnes, Rafael E. Cabanillas-Lopez, Ricardo Rodriguez-Carvajal

combustibles fósiles. Se cuenta con 3 tecnologías de energía solar independientes que tienen potencial de ser una solución integral que permita reducir el LCOE a un nivel que compita con las actuales soluciones de producción de energía solar, e incluso superarlas. La investigación tiene como objetivo general el desarrollar un prototipo de seguidor solar que permita integrar los sistemas de producción de energía solar termoiónicos y fotovoltaicos, con el sistema óptico de Köhler desarrollado por la Universidad de Arizona; siendo capaz de realizar pruebas en condiciones normales de operación.

5 Resultados y Beneficios Esperados

Entre los resultados esperados por el proyecto de investigación, se encuentran el diseñar un mecanismo automático de seguidor solar con los parámetros necesarios para las tecnologías desarrolladas por la Universidad de Sonora y la Universidad de Arizona; la fabricación de un prototipo funcional de seguidor solar, y pruebas preliminares del prototipo obteniendo un estimado del costo-beneficio.

Se esperan varios beneficios de dichos resultados, entre los que destacan la creación de propiedad industrial para la Universidad de Sonora; con el trámite de patentes, diseños industriales y/o modelos de utilidad según aplique. La creación de infraestructura que puede ser utilizada por profesores para capacitar a los alumnos en la industria solar es otro de los beneficios esperados.

6 Conclusiones

El calentamiento global es probablemente uno de los problemas más serios que la humanidad tendrá que enfrentar, y es principalmente un problema de energía, ya que es causado en su mayoría por las emisiones de CO₂ provocadas por la quema de combustibles fósiles [1]. Para lograr reducir dichas emisiones, se necesita una combinación de esfuerzos para reducir el consumo de energía, así como desarrollar tecnologías que permitan el aprovechamiento eficiente de las energías limpias y renovables. La creación de tecnologías nacionales para la explotación del recurso solar ofrece una oportunidad para la región, para aprovechar su situación geográfica mediante el desarrollo de una industria en crecimiento, con un gran valor en el mercado internacional y con un potencial nacional muy importante. Para esto se requiere una integración de varias ciencias de la ingeniería, cómo la ingeniería óptica, ingeniería de materiales, mecatrónica, química e industrial, trabajando juntas en el desarrollo de tecnologías compatibles que provean de soluciones eficientes y viables para la producción sustentable de energía a precios competitivos.

Referencias

1. MacKay, D. (2009). *Sustainable Energy — without the hot air*. 3rd ed. Cambridge: UIT Cambridge Ltd. p5-6.
2. Ming, T., Richter, R., Liu, W. y Caillol, S. (2014) Fighting global warming by climate engineering: Is the Earth radiation management and the solar radiation management any option for fighting climate change?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 31, p792-834.
3. Sen, Z (2008). *Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques*. Estambul: Springer.
4. Cvetković, A., Hernandez, M., Benítez, P., Miñano, J.C., Schwartz, J., Plesniak, A., Jones, R. y Whelan, D. (2008) The free form XR photovoltaic concentrator: a high performance SMS3D design. High and low concentration for solar electric applications III.
5. Huacuz, J. (2005). The road to green power in Mexico—reflections on the prospects for the large-scale and sustainable implementation of renewable energy. *Energy Policy*. 33, pp2087–2099.
6. Alemán-nava, G.S., Casiano-Flores, V.H., Cárdenas-Chávez, D.L., Díaz-Chavez, R., et al. (2014) Renewable energy research progress in México: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, pp 140-153.
7. [SENER (2003). *Electricity Sector Prospective 2003 – 2012*.
8. EPIA (2010). *Unlocking the sunbelt potential of photovoltaics*.
9. IIE (2010). *Geographic information system for renewable energies*. Disponible en <http://sag01.iie.org.mx/evaluarer/welcomeSINGER.html>
10. Becquerel, A.E. (1839) *Comt Rend. Academie d. Sciences*, 9, p. 561
11. Alatorre, C. (2009). *Renewable energies for sustainable development in México*. SENER.
12. Parida, B., Iniyán, S., Goic, R. (2011) A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15. pp 1625 – 1636.
13. Goetzberger, A. y Hoffmann, V.U. (N/D). *Photovoltaic Solar Energy Generation*. Berlín: Springer.
14. Trillo, S. y Torruellas, W.E. (2001) *Spatial Solitons*.
15. Coughenour, B.M., Stalcup, T., Wheelwright, B., Geary, A., Hammer, K. y Angel, R. (2014) Dish-based high concentration PV system with Köhler optics. *Optical society of America*, 22.
16. Angel, R., (2010). *New optical concept for concentrator photovoltaics*. *Optics for solar energy*. OSA Technical Digest.
17. García, R. (2011). *Celdas fotovoltaicas mejoradas con emisión termoiónica basadas en nanoestructuras de GaN*. Centro de Investigación en Física de la Universidad de Sonora.
18. Schwede, J.W., Bargatin, I., Riley, D.C., Hardin, B.E., Rosenthal, S.J., Sun, Y., Schmitt, et. al. (2010). Photon-enhanced thermionic emission for solar concentrator systems. *Nature materials* 9. pp 762–767.

Propuesta de Diseño de un Banco de Pruebas para el Sistema de Control del Helióstato

Victor Hugo Benitez-Baltazar, Cuitlahuac Iriarte-Cornejo, Elberth Andrés Enríquez-Montoya

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial,
Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
vbenitez@industrial.uson.mx, ciriartec@gmail.com,
elberto_master@hotmail.com

Resumen. Un campo de heliostatos está conformado por una torre central, donde se transforma energía solar en eléctrica, y un número finito de seguidores, cuyo objetivo es el redireccionamiento del rayo solar hacia el blanco en la torre. El sistema de control de heliostatos está sujeto a factores de perturbación, en que pueden afectar la gestión de operaciones entre los estados del seguidor y ocasionar daños graves al equipo, los cuales se reducen en costos de reparación. El objetivo de este artículo es presentar una propuesta de diseño de un banco de pruebas que apoye al desarrollo de una metodología, la cual evalúe la eficiencia de los seguidores y proporcione las medidas contra los factores de perturbación. Este documento presenta un acercamiento a la solución de la problemática, y aspectos que deben de tomarse encuentra para la conclusión de un banco de pruebas para el sistema de control embebido de helióstato.

Palabras claves: helióstato, microcontrolador, perturbación, sistema de control.

1 Introducción

Un campo de heliostatos se conforma de un número finito de seguidores (heliostatos), cuyo objetivo es el seguimiento solar y redireccionamiento del haz de luz hacia el receptor en la punta de la torre. Para lograr esto, es necesario del sistema de control embebido de helióstato, el cual es capaz de realizar diferentes operaciones específicas.

El sistema de control del seguidor está sujeto a una serie de factores de perturbación, los cuales se pretende analizar; estos pueden causar un inapropiado funcionamiento de los estados de operación, y su vez generar daños a componentes electrónicos y mecánicos del

Victor Hugo Benitez-Baltazar, Cuitlahuac Iriarte-Cornejo y Elberth Andrés Enríquez-Montoya, *Propuesta de Diseño de un Banco de Pruebas para el Sistema de Control del Helióstato*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruíz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 260-265, 2014.

mismo, concluyendo en gastos de mantenimiento. Por esto, factores ambientales, mecánicos y eléctricos, se han tomado en cuenta para el diseño del banco.

El proyecto se realizará dentro de la plataforma solar Hermosillo (PSH), donde se encuentra desarrollando investigaciones acerca de tecnología termo solar mediante el uso de helióstatos.

A continuación se mostrarán las secciones que proporciona el documento, iniciando por el marco teórico del artículo, donde se presentará la teoría en relación a la temática de la investigación; el planteamiento del problema, presentando la problemática que se desea abordar; el desarrollo de la solución, proporcionando una estrategia a seguir para la resolución de la problemática; una vez concluida la sección anterior, se mostrará la sección de resultados, la cual contendrá las respuestas esperadas por medio de la aplicación de la estrategia propuesta; por último, están las conclusiones del artículo y las referencias del mismo.

2 Marco Teórico

la tecnología de torre central hace uso de seguidores solares o helióstatos para la generación de energía eléctrica[1]. Como menciona Pavlović[2] las plantas de energía solar, están compuestas de concentradores, turbinas y generadores eléctricos.

Un campo de helióstatos (figura 1) está conformado por una torre central rodeada por un número finito de seguidores capaces del rastreo solar, los cuales hacen uso de espejos para redireccionamiento del rayo solar hacia el blanco en torre[1][3].



Figura 1. Campo de helióstatos (UNISON)

Un sistema de tecnología de torre central realiza un proceso térmico, donde se evaporan sales y agua a presión dentro del reactor, haciéndolas fluir a través de generadores de vapor convirtiendo, a su vez, la energía mecánica en energía eléctrica[2][4].

Según Bananos[1] existen varias fuentes de errores que reducen el rendimiento ideal del sistema de concentración. El sistema de control de heliostatos está sujeto a varios

errores comunes, como la inclinación del eje rotacional, los efectos gravitatorios en la estructura, espejos desalineados, inclinación y desplazamiento de posición de referencia.

Para la corrección de estos errores, es necesario conocer los elementos que afectan al sistema, por ejemplo, el efecto del aire podría ser un factor importante en el comportamiento del seguidor, creando vibración en este y afectando sus componentes[5].

El sistema de control es implementado en la mayoría de los casos por tecnología embebida de microcontroladores. Estos dispositivos puede trabajar de forma independiente o puede formar parte de un sistema más complejo, es decir como un componente [6]; además, en comparación a una computadora, son mucho más económicos (los podemos encontrar con precios desde los 5 dólares). Estos dispositivos son fácilmente configurables, permitiendo cambiar o adaptar los parámetros en su programación mediante softwares de programación[7].

Como menciona Verle[8] Un factor que puede llegar a dañar al microcontrolador es el ruido eléctrico, muy común en ambientes industriales, variando el voltaje de alimentación por un momento y cayendo por debajo del mínimo.

Un ejemplos de pruebas implementados a sistemas embebidos es el de Falter y Richter[9], el cual tiene como objetivo el evaluar los sistemas, y detectar los defectos causados de fábrica, con el fin de garantizar la calidad del producto. Un protocolo de pruebas que conlleve un test lógico, test de señal mezclada y test de memoria, son los indicados para la evaluación del sistema embebido en cada una de sus dispositivos interno, proporcionando información pertinente.

3 Descripción del Problema a Abordar

La empresa Pirámide Estructural del Golfo S.A de C.V, localizada en Veracruz, se dedica al diseño y fabricación de bombas para aplicaciones especializadas, así como componentes mecánicos. Ha incursionado en años recientes en el desarrollo de helióstatos para plantas solares de potencia.

Dicha empresa ha requerido el apoyo de la Plataforma Solar Hermosillo (PSH), localizada en carretera Kino Hermosillo Sonora, para el desarrollo de esta tecnología. En estas instalaciones se ha desarrollado tecnología termo solar para la producción de potencia eléctrica.

El control ha sido implementado de dos maneras: por medio de tecnología embebida de microcontroladores, dada la facilidad de programación y bajo costo del dispositivo, y usando tecnología embebida de National instrument (compaqRIO).

Al trabajar con dispositivos electrónicos, es necesario cumplir con una serie de factores para el desempeño en la comunicación del sistema y las operaciones específicas. El sistema de control de helióstatos cuanta con las siguientes operaciones: *Home*, posición segura, posición manual, seguimiento.

Perturbaciones como: ruido eléctrico, humedad, temperatura; entre otros aspectos mecánicos, son factores fundamentales que podrían afectar el cumplimiento de las operaciones del helióstato; además de dañar el sistema embebido del seguidor solar.

La PSH carece de algún banco de pruebas para la evaluación del desempeño de las operaciones; adicionalmente no se cuenta con una evaluación de los factores y perturbaciones externas del sistema de control que podrían afectar el desempeño de los helióstatos.

4 Desarrollo de la Solución

Este documento muestra una propuesta para el diseño un banco de pruebas para el sistema de control de helióstato, el cual muestra información pertinente para determinar los factores de perturbación que afectarán a las operaciones de control del seguidor (Home, seguimiento, posición manual, posición segura), las cuales van gestionadas por el sistema de control del helióstato (tabla 1).

Tabla 1. La siguiente tabla representa los estados de operación en los que actúa el helióstato.

Home	Es el estado de operación donde el helióstato se encuentra normalmente por las noches (90 grados al horizonte); dependiendo de la estructura del helióstato, su descanso es horizontal o vertical.
Seguimiento	Es el estado donde se mantiene el trabajo normal del helióstato. Mediante un vector de posición (especificación de posición del blanco) y los cálculos del vector solar, se obtendrá el rayo solar el cual dará puntería al blanco seleccionado.
Posición manual	Este estado de operación es para un ángulo en azimuth y elevación fijos programados por el usuario.
Posición segura	Este estado sucede cuando los vientos sobrepasan ciertos límites de operación (mayores a 60 km/hr); el helióstato se desplaza hacia la posición más cercana donde lleva acabo una menor resistencia al viento.

Para iniciar esta investigación, es necesario conocer más a fondo sobre la temática de la investigación. Para adquirir este tipo de conocimientos es de suma importancia realizar una búsqueda del estado del arte entorno al sistema helióstato, sistemas embebidos, factores de perturbación, pruebas específicas de eficiencia, pruebas industriales, entre otros tópicos importantes.

La información se fundamentará por artículos dentro de *journals* en bases de datos. Dicha información debe de ser sustentada por documentos reciente, para dar a la investigación conocimientos novedosos, prácticos y específicos en el área; preferentemente por autores reconocidos.

El siguiente paso es determinar criterios de evaluación para el desempeño del sistema de control embebido de heliostatos, en base a la información recabada por artículos. Ejemplo de estos criterios son: la velocidad de adaptación del heliostato, de una operación a otra. La evaluación de la velocidad de adaptación puede dar información relevante acerca de los factores que pueden afectar a la misma. La precisión de cambio de operación, es la capacidad que tiene el heliostato para dar el mismo resultado en términos de posición dentro de un cambio de operación en diferentes mediciones, las cuales serán realizadas en condiciones iguales. El tiempo de cambio de estado, donde se medirá el tiempo en que tarda el heliostato en cambiar de una operación a otra.

La tercera fase es proponer pruebas específicas para el sistema de control en base a los criterios de evaluación ya investigados. Estas se pueden clasificar en: pruebas mecánicas, evaluando aspectos importantes de la estructura, donde se cuentan las pruebas en el sistema de engranes, pruebas de vibración de estructura, pruebas de fatiga de componentes mecánicos, entre otras; pruebas ambientales, donde se clasifican las: pruebas de temperatura, pruebas de humedad, pruebas de polvo, entre otras; y por ultimo las pruebas eléctricas: las pruebas de caída de voltaje, de sobrecargas y de ruido eléctrico.

Una vez determinadas las pruebas más adecuadas se da paso al diseño de un banco de pruebas, donde se deben seleccionar las pruebas que aporten una mayor información de los factores de perturbación. El banco debe estar disponibles para evaluar los seguidores dentro de la PSH.

Por último el desarrollo de un reporte general, donde se incluyan factores importantes de la evaluación, como las dificultades que se tuvieron al momento de realizar las pruebas; recomendaciones pertinentes acerca de la implementación del banco, entre otros tipos de factores. El reporte se utilizará para evaluaciones futuras en heliostatos, para la implementación de mejoras y/o medidas de corrección contra futuras fallas.

5 Resultados

Los resultados que proporciona este artículo son únicamente un primer acercamiento hacia la identificación de una metodóloga, la cual se llevará acabo para el diseño de un banco de pruebas para heliostatos dentro de la PSH. La correcta determinación de pruebas dará a conocer parámetros límites y errores no evidentes, con el fin de ahorrar tiempo, dinero en reparaciones, y por ende sustitución de material dañado. En general representará un ahorro y una inversión enorme a la empresa en gastos innecesarios de reparación.

Una vez resuelto el problema del diseño del banco de pruebas y su implementación, se espera que el sistema de control del seguidor trabaje más eficientemente entre sus estados de operación; del mismo modo, este podrá presentar más durabilidad y estabilidad en su desempeño.

6 Conclusiones

La implementación de pruebas es una etapa crucial en cualquier sistema en general; estas ayudarán a la evaluación de la eficiencia de los estados de operación en los que se desempeña el helióstato. Este artículo proporciona una estrategia de solución, la cual presenta los pasos a seguir para llevar a cabo un diseño de un banco de pruebas para el sistema de control del seguidor.

Esta propuesta de diseño se puede modificar a lo largo de la investigación y no se encuentra sujeta a restricciones en sus fases; en otras palabras esto solo es una guía para que el lector pueda darse un primer acercamiento a cómo llevar a cabo una investigación de esta naturaleza y realizar su propia metodología.

Concluyo con los trabajos futuros a raíz de esta investigación, las cuales son: el desarrollo de una metodología de un banco de pruebas, para la realización de una tesis de grado de maestría y un artículo dentro de un simposio, mostrando resultados del trabajo.

Referencias

1. Bonanos, A. M.: Error analysis for concentrated solar collectors. *J. Renew. Sustain. Energy*, vol. 4, no. 6, p. 63125 (2012)
2. Pavlović, T. M., Radonjić, I. S., Milosavljević, D. D., Pantić, L. S., Piršl, D. S.: Assessment and potential use of concentrating solar power plants in Serbia and the Republic of Srpska, *Therm. Sci.*, vol. 16, no. 3, pp. 931–945 (2012)
3. Chong, K.-K., Tan, M. H.: Comparison Study of Two Different Sun-Tracking Methods in Optical Efficiency of Heliostat Field, *Int. J. Photoenergy*, pp. 1–10 (2012)
4. Tuite, D.: Solar energy goes beyond photovoltaics, *Electron. Des.*, vol. 58, no. 3, pp. 36–41 (2010)
5. Gong, B., Wang, Z., Li, Z., Zang, C., Wu, Z.: Fluctuating wind pressure characteristics of heliostats, *Renew. Energy*, vol. 50, no. 0, pp. 307–316 (2013)
6. Vagia, M., Tzes, A.: Design of a robust controller and modeling aspects of a micro cantilever beam with fringing and squeezed gas film damping effects, *Mechatronics*, vol. 23, no. 1, pp. 67–79 (2013)
7. Howlader, A. M., Urasaki, N., Yona, A., Senjyu, T., Saber, A. Y.: Design and Implement a Digital H_{∞} Robust Controller for a MW-Class PMSG-Based Grid-Interactive Wind Energy Conversion System, *Energies* (19961073), vol. 6, no. 4, pp. 2084–2109 (2013)
8. Verle, M., *Pic microcontrollers.: programmin in c.* [S.l.]: Mikroelectronika (2009)
9. Falter, T., Richter, D.: Overview of status and challenges of system testing on chip with embedded DRAMS, *Solid. State. Electron.*, vol. 44, no. 5, pp. 761–766 (2000)

Desarrollo de un Módulo Domótico para el control del riego de Jardín en Viviendas de la Región

Karina García-Gutiérrez¹, Erica Cecilia Ruiz-Ibarra¹, Adolfo Espinoza-Ruiz, Joaquín Cortez-González, Armando García-Berumen, Ramón René Palacio-Cinco

³Instituto Tecnológico de Sonora, Campus Obregón,
Antonio Caso S/N, Colonia Villa Itson, CP. 85130, Cd. Obregón Sonora, México.
erica.ruiz@itson.edu.mx; adolfo.espinoza@itson.edu.mx;
joaquin.cortez@itson.edu.mx; armando.berumen@itson.edu.mx

²Instituto Tecnológico de Sonora, Campus Navojoa,
Ramón Corona S/N, Colonia ITSON, CP. 85860, Navojoa Sonora, México.
ramon.palacio@itson.edu.mx

Resumen. El uso inadecuado de recursos como el agua, la electricidad, el gas doméstico, entre otros; es un gran problema que enfrenta la sociedad actualmente, es por eso que este estudio se basa en el uso adecuado del agua, durante el riego de un jardín. Esta actividad se realiza mediante un sistema domótico que consiste en la automatización del riego del jardín hogar para controlar el consumo de agua. Este prototipo del sistema funciona de manera automática, con la ayuda de sensores y ciertos actuadores. El funcionamiento se comprobó de manera simulada con la ayuda MPLAB, herramienta para crear códigos en lenguaje ensamblador para los microcontroladores PIC, y PROTEUS, utilizado para simular circuitos electrónicos complejos. Para obtener resultados satisfactorios fue necesario realizar varias pruebas y modificaciones correspondientes a cada parte del sistema.

Palabras Clave: Redes de Sensores, Xbee, Domótica, Riego automático.

1 Introducción

Uno de los problemas más graves que deberá enfrentar el mundo en los próximos años es la escasez de agua potable, incluso en regiones que en la actualidad son relativamente menos afectadas, como América Latina [1]. Es por ello que se planteó el siguiente

Karina García-Gutiérrez, Erica Cecilia Ruiz-Ibarra, Adolfo Espinoza-Ruiz, Joaquín Cortez-González, Armando García-Berumen y Ramón René Palacio-Cinco, *Desarrollo de un Módulo Domótico para el control del riego de Jardín en Viviendas de la Región*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 266-275, 2014.

problema: ¿Qué se requiere para controlar variables como la humedad de las plantas en el jardín, y así reducir el costo y consumo de recursos como el agua?

El objetivo de este proyecto fue diseñar e implementar un sistema de automatización para el riego del jardín, con la finalidad de controlar el consumo de agua, y proveer confort.

La trascendencia del proyecto beneficia a los diferentes sectores de la sociedad: en lo académico, por la innovación de la tecnología a nivel institucional y regional, con un sistema aplicado a una problemática real; en lo económico, por la reducción del consumo de energía y la utilización eficiente de recursos; en lo social, por la importancia de proporcionar una calidad de vida a las personas con capacidades diferentes y de la tercera edad. A pesar de que en el mercado ya existen sistemas de este tipo comerciales todavía se requiere de una fuerte inversión para poder contar con ellos, este proyecto se ajusta a las necesidades exactas, es flexible y económico.

El término domótica, procedente de doméstico e informático, no trata de dar nombre a una nueva tecnología, sino a un conjunto de servicios integrados en la vivienda para una mejor gestión en aspectos como el confort, la seguridad, el ahorro, la gestión energética, las comunicaciones, la información y la flexibilidad [2]:

Los tres grandes campos de aplicación de la domótica son: el confort, la seguridad y la gestión de la energía [3]. El concepto de confort va dirigido principalmente a las instalaciones CVC (climatización, ventilación y calefacción), aunque también incluye los sistemas de audio y video, control de iluminación, riego de jardines, mando a una distancia y todo aquello que contribuya al bienestar y la comodidad de las personas. El área de la seguridad incluye alarmas contra incendio, fugas de agua o gas y otros peligros, como controles de acceso (lectores de tarjetas, puertas, ventanas, persianas y cerraduras automáticas, etc.) y los detectores de personas (detección de intrusión, seguimiento y control de personas, atención social, etc.).

El presente artículo está organizado de la siguiente manera: la sección II presenta la fundamentación del artículo, la sección III describe brevemente la metodología empleada, por su parte la sección IV muestra los resultados más sobresalientes y finalmente la sección V puntualiza las conclusiones más importantes del proyecto, todo lo anterior sustentado con las referencias empleadas.

2 Marco Teórico

La domótica hace uso de controladores, que son dispositivos que tienen el control de un local, apartamento o zona a automatizar. Estos dispositivos se implementan usando microcontroladores PIC y que son los que se comunican con los diversos actuadores y sensores, para controlar y gestionar los datos y que a su vez son la interface para mantener la comunicación con las computadoras encargadas de gestionar, registrar y evaluar la información para hacer tomas de decisiones [4].

Un microcontrolador (PIC) es un circuito integrado digital monolítico que contiene todos los elementos de un procesador digital secuencial síncrono programable está

especialmente orientado a tareas de control y comunicaciones. Su estructura básica consta de un procesador (CPU), buses, memoria, periféricos y puertos de entrada salida. Los microcontroladores se utilizan para la realización de sistemas electrónicos empotrados en otros sistemas como por ejemplo electrodomésticos, sistemas informáticos, sistemas de telecomunicaciones, sistemas de control de maquinaria o sistemas de automoción [5].

Un sensor es un dispositivo que responde a algunas propiedades de tipo eléctrico, mecánico, térmico, magnético, químico, etc., generando una señal eléctrica que puede ser susceptible de medición. Normalmente, las señales obtenidas a partir de un sensor son de pequeña magnitud y necesitan ser tratadas convenientemente en los aspectos de amplificación y filtrado principalmente [6].

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica [7].

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. Un electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre. Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán [8].

3 Metodología

El trabajo en cuestión va dirigido a las viviendas en general, ya que el interés final del proyecto es reducir el consumo de agua y uso eficiente de la misma. Este estudio fue realizado en el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), en el cual participan los campos académicos de Redes y Telecomunicaciones, Control Automático y Procesamiento Digital de Señales del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, y alumnos en Licenciatura y Maestría.

Para lograr el objetivo de ésta investigación se procedió a efectuar el procedimiento descrito a continuación.

- Requisitos del sistema: Básicamente los requisitos surgen directamente de las necesidades que tienen las personas en sus viviendas.
- Selección de la tecnología: Fue importante economizar material pero a la vez se buscó utilizar los mejores para ello, por lo cual se consideraron tamaño, robustez y precio.
- Diseño: En esta parte se llevó a cabo el diseño del control y la realización del programa de automatización por medio de un software llamado MPLAB, simulador en el que se puede ejecutar el código paso a paso para ver así su evolución y el estado en el que se encuentran sus registros en cada momento.

- Simulación: Se procedió a comprobar que el programa de automatización funcionará de manera correcta por medio de otro software conocido como PROTEUS, el cual permite simular circuitos electrónicos complejos.
- Implementación: Se llevó a cabo la implementación del control, donde se unieron todos los elementos como fueron sensores, actuadores, microcontrolador (PIC), entre otros.
- Pruebas: Aquí se comprobó que todo en conjunto funcionará correctamente.

Los materiales utilizados se clasifican en las siguientes categorías: dispositivos de entrada (sensor de humedad HIH-4000-001 y dispositivos electrónicos), controlador (cristal de cuarzo y microcontrolador PIC 16f877), dispositivos de salida (TIP3, relé, válvula eléctrica NDJ solenoide y LCD 2X16) y software (MPLAB y Proteus).

4 Desarrollo

El subsistema de riego forma parte de un sistema domótico, en el cual también se encuentran los subsistemas de persianas, fuga de gas, iluminación y refrigeración. Estos subsistemas serán controlados por una PC, a través de un protocolo de comunicación. La Figura 2 muestra el diagrama a bloques de la composición del sistema domótico.

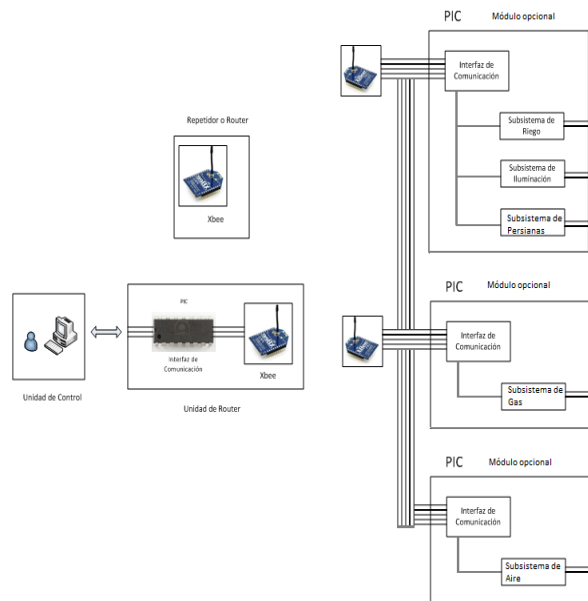


Figura 2. Diagrama general del sistema domótico.

El funcionamiento del sistema domótico consiste en que a través de una PC el usuario puede manipular los subsistemas que conforman cada área del hogar por medio de una Unidad de Control, la cual se comunica a cada módulo a través de una Unidad de Router (protocolo Zigbee), lo cual permite que la comunicación sea inalámbrica. A través de esa comunicación se envían al PIC (interfaz de comunicación) datos correspondientes a los subsistemas, es decir, cada subsistema responde a una variable diferente, la cual se selecciona a través del PC que es donde se le ordena al sistema que subsistema activar y que acción realizar. En la Figura 3 se puede observar cómo está compuesto el PIC de la interfaz de comunicación.

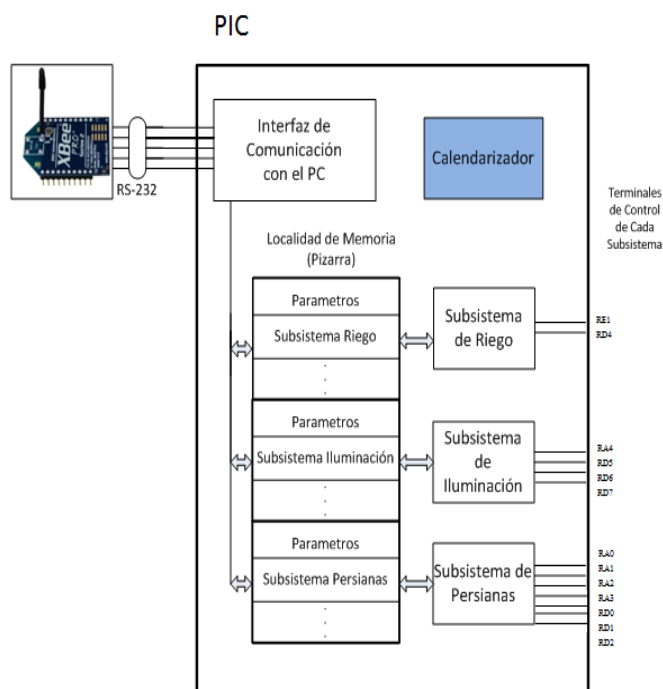


Figura 3. PIC para la interfaz de comunicación.

La localidad de memoria del PIC es utilizada como pizarra, en donde los datos enviados por la Unidad de Control a través del Router, son almacenados y a su vez reconocidos por cada subsistema, es decir, cada dato que se envía tiene una etiqueta que corresponde a un subsistema diferente, cuando el subsistema reconoce que la etiqueta corresponde a él, realiza su funcionamiento en un tiempo determinado.

Cada subsistema cuenta con sus terminales de control, por ejemplo, el subsistema de iluminación utiliza el pin RA4 como entrada y los pines RD5, RD6, RD7 como salidas, el subsistema de persianas utiliza los pines RA0, RA1, RA2, RA3 como entradas y RD0, RD1, RD2 como salidas, y en el caso específico del subsistema de riego, se utiliza el pin

RE1 como entrada (sensor de humedad) y el pin RD4 como salida (relevador). Después de ejecutar la función de cada subsistema, éste envía a la localidad de memoria datos con los cuales informa que ya ha realizado su función y cuál es el estado en el que se encuentra. Posteriormente el PIC envía de regreso estos datos a la Unidad de Control a través de una interfaz RS232 y el Router.

Una vez descrito el sistema general, se explica el funcionamiento del subsistema de riego. Para realizar la caracterización del sensor de humedad se tomó en cuenta ciertos datos proporcionados en las hojas de especificaciones de éste, uno de ellos fue el voltaje de alimentación que varía en un rango de 4.0 Vcd a 5.8 Vcd. Debido a dichos datos solamente se necesitó una fuente de voltaje CD de 4.5 Volts como se muestra en la Figura 4.

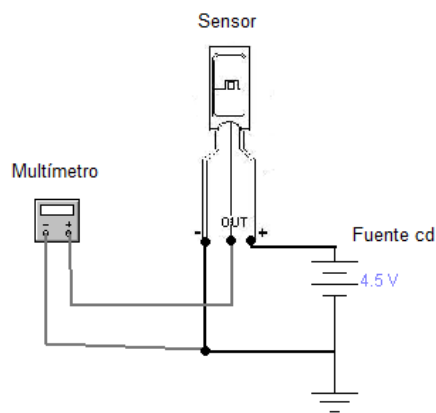


Figura 4. Polarización del sensor

El control de Riego del Jardín tiene que cumplir con dos formas de trabajar, de forma manual y en forma automática.

Forma Manual. Si el usuario quiere cambiar el estado en el que se encuentran los aspersores de agua de forma manual, se le enviará una señal a la unidad de control para actualizar el estado por medio de la interfaz.

Forma Automática (mediante sensores). Se tienen dos rangos de humedad el nivel alto y el nivel bajo. Si el sensor detecta el nivel bajo se activará un relevador que a su vez enciende una electroválvula y un aspersor para realizar el riego del jardín. Si el sensor detecta el nivel alto desactivará el relevador, por lo tanto se detendrá el riego, hasta que de nueva cuenta el sensor vuelva a detectar el nivel bajo.

El control del subsistema de riego del jardín se muestra en la Figura 5 y tiene las siguientes características:

En la primera parte se tiene el sensor HIH-4000-001 el cual va conectado directamente al PIC16F887A para proporcionarle los valores de humedad medidos.

272 Karina García-Gutiérrez, Erica Cecilia Ruiz-Ibarra, Adolfo Espinoza-Ruiz, Joaquín Cortez-González, Armando García-Berumen, Ramón René Palacio-Cinco

Luego se encuentra la etapa de control que está formada por un PIC16F877A, donde se diseña un programa que lleve el control secuencial de un sistema mecánico de un aspersor de riego, que consiste en realizar una comparación entre el valor de humedad proporcionado por el sensor y el valor de humedad seleccionado como el nivel alto (80%) o nivel bajo (50%).

El micro-controlador se configura de acuerdo a las necesidades del control, se seleccionó el pin RE1 del puerto E como la entrada analógica (sensor de humedad), estos valores analógicos (voltajes) son transformados a valores digitales (números binarios) a través conversión analógica-digital.

El puerto C está conectado el LCD y los pines RD0 y RD1 son utilizados para el control del LCD.

En el puerto B se utiliza el pin RB7 como entrada para activar el modo automático, el pin RB6 como entrada para activar el modo manual, el pin RB5 para activar el modo manual: abrir aspersor y el pin RB3 para activar el modo manual: cerrar aspersor.

El pin RD4 activa o desactiva el relevador, esto cuando el PIC16F877A manda un valor digital 1 se activa el relevador y cuando manda un valor digital 0 se desactiva el relevador.

Como último se tiene una etapa de potencia para poder controlar el funcionamiento de relevador, este a su vez activa o desactiva una electroválvula, la cual está indicada mediante un switch, que enciende o apaga un led indicando el funcionamiento del aspersor.

Para el funcionamiento del relevador, se implementó una etapa de potencia a la salida del microcontrolador, ya que éste arroja un voltaje muy bajo que no alcanza a activar el relevador. Es necesario mencionar que se implementaron dos etapas de potencia, una para activar la electroválvula, propuesta en el diseño del subsistema la cual se activa con 24V, y la otra debido a que las pruebas se realizaron con una bomba de agua de un parabrisas de auto, la cual se activa con 8V.

Una vez que todas las etapas de diseño e implementación se realizaron, se procedió a la implementación del sistema con todos los dispositivos necesarios para su funcionamiento. En la

Figura 4 se observa el circuito implementado en la tableta experimental. Por su parte la Figura 5 presenta el diagrama en PROTEUS del sistema.

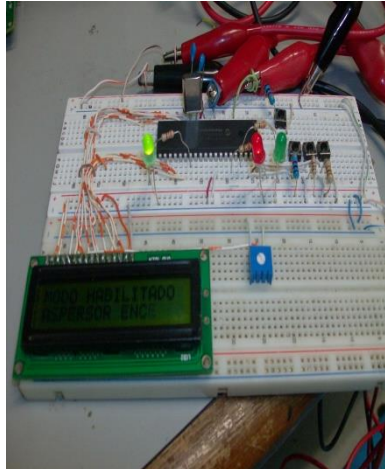


Figura 4. Implementación del subsistema de riego en la tableta experimental.

5 Resultados

Con la caracterización del sensor se comprobó que éste es lineal, además, gracias a ésta fue posible llevar a cabo las lecturas de humedad y que en la programación del microcontrolador se obtuviera una resolución lineal para el ADC. Estas mediciones se realizaron con la ayuda de un multímetro, para comprobar los voltajes que se tenían previstos. En la Figura se observa la gráfica que muestra que el funcionamiento del sensor es lineal.

El teclado usado para la interfaz presentó fallas en primera estancia, por lo que fue necesario modificar la programación y controlar el teclado por medio de interrupciones, y así se obtuvo el perfecto funcionamiento de éste.

Los resultados fueron obtenidos de manera simulada, es decir, suponiendo que todo funciona en un 100% y no se presentan limitantes que pudieran afectar tanto al parámetro físico como al material de trabajo. Se comprobó el adecuado funcionamiento del sistema de riego en la opción modo automático.

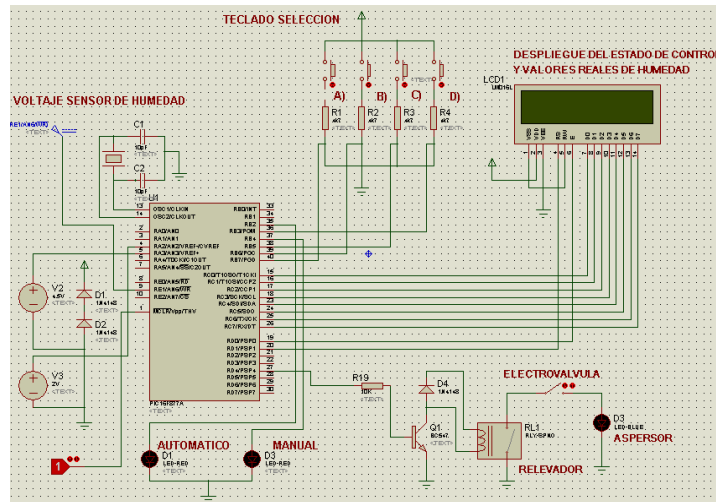


Figura 5. Diagrama de conexión de los puertos.

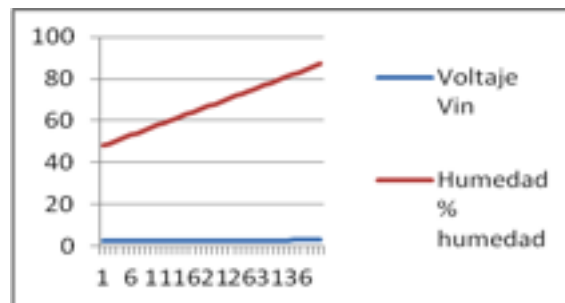


Figura 6. Comportamiento lineal del sensor de humedad.

6 Conclusiones

Con la realización de este proyecto se encontró que un sistema adecuado para el control de variables en una casa residencial puede estar formado por un microcontrolador (PIC) el cual se encargará de la toma de decisiones, según las características de diseño y programación, determinando si se realiza o suspende el riego, además constará de una etapa de potencia para poder activar la válvula de riego, así como un sensor para captar la cantidad de humedad que se tenga a cada momento, y de un sistema de comunicación inalámbrica formada por medio de módulos Xbee, para el envío y recepción de los datos.

Por medio de este proyecto se garantiza el uso adecuado del agua para riego en una casa además de proveer confort a sus habitantes.

Se realizaron las pruebas correspondientes a la implementación del subsistema, de riego, presentándose en primera estancia, fallas en relación al funcionamiento, siendo necesario realizar cambios tanto al código de programación como al material utilizado en la implementación, y lográndose obtener los resultados deseados.

Referencias

1. Agronómicas, F. d. (n.d.). Importancia del riego.
2. Ingeniería Civil y Medio Ambiente. (1999). Revista Miliarium .
3. José María Quintero González, J. L. (1999). Sistemas de Control para Viviendas y Edificios:Domótica. Segunda Edición.
4. Pérez, E. M. (2007). Microcontroladores PIC: sistema integrado para el autoaprendizaje.
5. Ramón Pallás Areny, Fernando E. Valdés Pérez, 2007. Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC. Ed. MARCOMBO, S.A., España.
6. Ramón Pallás Areny (1993). Adquisición y distribución de señales. Ed. MARCOMBO, S.A., España.
7. Jesús Martínez Rueda, (2007). Sistemas eléctricos y electrónicos de las aeronaves. Ediciones Paraninfo S.A. España.
8. Mario León, (2004). Diccionario de informática, telecomunicaciones y ciencias afines. Ediciones Díaz de Santos S.A. España.

Propuesta para una Red de Sensores Inteligentes para la Comunicación por Radiofrecuencia de un Sistema de Concentración Solar con Tecnología de Torre Central

Víctor Hugo Benítez-Baltazar, Ramón Vicente Armas-Flores

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N
C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
vbenitez@industrial.uson.mx, rarmas17@hotmail.com

Resumen. Los sistemas de energía solar han emergido en las últimas décadas como una fuente viable de energía limpia y renovable. La tecnología de planta de torre central solar es un buen ejemplo de este tipo de sistemas, la cual consiste en varios espejos móviles, llamados helióstatos, que reflejan la radiación del Sol hacia un mismo punto, localizado en la cima de una torre al centro del campo de heliostatos, para su recolección o transformación en otro tipo de energía. El presente trabajo se enfoca en el desarrollo e implementación de un sistema de comunicación inalámbrica, por medio de sensores inteligentes, para ser aplicado en un campo de helióstatos dedicado a la investigación, y que actualmente carece de una instrumentación apropiada. Se pretende implementar el sistema, de manera que permita la transmisión eficiente de información y el control efectivo de los helióstatos.

Palabras clave: Energía solar, helióstatos, comunicación, redes de sensores, sensores inteligentes.

1 Introducción

En las últimas décadas, los sistemas de energía solar han emergido como una fuente viable de energía limpia y renovable, por lo que su uso en aplicaciones domésticas e industriales es cada vez mayor. La función de estos sistemas, consiste en recolectar la energía proveniente del Sol y transformarla en otro tipo de energía, como puede ser eléctrica o térmica [1].

Un ejemplo de este tipo de sistemas es la tecnología de planta de torre central solar, cuyo funcionamiento está basado en un conjunto de dispositivos llamados helióstatos, los cuales siguen la trayectoria del Sol.

Víctor Hugo Benítez-Baltazar y Ramón Vicente Armas-Flores, *Propuesta para una Red de Sensores Inteligentes para la Comunicación por Radiofrecuencia de un Sistema de Concentración Solar con Tecnología de Torre Central*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruíz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 276-281, 2014.

Debido a la creciente importancia de este tipo de tecnologías, se propone en este trabajo la implementación de un sistema de comunicación en un campo de pruebas de helióstatos, dedicado al desarrollo de nuevas tecnologías solares. Un sistema de comunicación basado en sensores inteligentes, podría permitir un mejor avance en las investigaciones del campo, de manera más rápida y efectiva.

A continuación se describen algunos conceptos de lo que son la tecnología de torre central solar, las redes inalámbricas de sensores y algunos trabajos de investigación anteriores relacionados a la temática. En la sección tres se describe el entorno donde se pretende implementar la presente propuesta y se describe el problema de manera más detallada. Posteriormente se describe la solución propuesta en la sección cuatro. Finalmente se enumeran los resultados que se espera obtener al final del proyecto, así como algunas conclusiones, en las secciones cinco y seis respectivamente.

2 Marco Teórico y Trabajo Previo

2.1 Tecnología de Torre Central Solar

Un buen ejemplo de sistema de transformación de energía solar a térmica, es la tecnología de planta de torre central solar, la cual consiste en varios espejos móviles, llamados helióstatos, que reflejan la radiación del Sol directamente hacia un solo punto, localizado en la cima de una torre que se encuentra al centro del campo de helióstatos. En este punto, componentes dentro de la torre, convierten la energía solar en térmica y posteriormente en electricidad [2].

En un sistema de torre central solar, para que los helióstatos puedan reflejar la radiación del Sol hacia el mismo punto de la torre en todo momento, es necesario que estos se muevan de acuerdo al movimiento del Sol. Para lograr esto, se utilizan sensores y controladores que regulan el movimiento de los seguidores y se comunican con una computadora central que los controla. Tal como mencionan Her-Terng y Chieh-Li [3], pueden encontrarse varios estudios en la literatura donde se intenta resolver el problema del seguimiento solar desde diferentes aproximaciones o puntos de vista, para lograr la máxima obtención de energía del sistema. Sin embargo, todos estos trabajos se enfocan solamente al control individual de los seguidores solares.

2.2 Redes de Sensores Inalámbricas

Las redes de sensores inalámbricas se han desarrollado ampliamente en los últimos años, esto debido a sus beneficios y características únicas, como son su capacidad para auto-configurarse, su bajo costo, fácil implementación y enrutamiento multi-saltos, por mencionar algunos [4]. Las redes de sensores inteligentes que emulan el comportamiento cíclico de percepción-razonamiento-acción, son útiles para una amplia variedad de aplicaciones, como pueden ser: industriales, militares, médicas, domóticas, etc. La

función de estas redes consiste en obtener y distribuir información de los sensores en tiempo real, procesarla en tareas colaborativas y propagar señales de control en base a los datos obtenidos y el funcionamiento del sistema [5].

Spencer, Ruiz-Sandoval y Kurata [6] establecen que los sensores inteligentes tienen cuatro características importantes: unidad central de procesamiento integrada, pequeño tamaño, comunicación inalámbrica y bajo costo.

Una red de sensores inalámbrica se compone de varios nodos de sensores, que perciben lo que ocurre en su ambiente, midiendo factores como presión, temperatura, sonido, etcétera; y generan lecturas que son enviadas por rutas de comunicación a un nodo específico, para su recolección [7]. La posición de los nodos, o topología de la red, puede ser establecida para obtener la óptima comunicación, tal como mencionan Cuomo, Abbagnale y Cipollone [8].

2.3 Trabajo Previo

Un trabajo en el que se implementa una red de comunicación en un sistema de energía solar, es el que se llevó a cabo por Papageorgas, et al. [9], en el cual se diseñó una metodología para monitorear el funcionamiento de varios paneles fotovoltaicos, utilizando una red de sensores inalámbrica para la comunicación, control y supervisión del sistema. En este trabajo se pueden apreciar las bondades de la implementación de redes inalámbricas en la comunicación, sin embargo es distinto a lo que sería el diseño de una metodología para el control y monitoreo de helióstatos, ya que en estos últimos se deben tomar en cuenta factores, variables, funcionamiento e información, diferentes a los que se requiere considerar para paneles fotovoltaicos.

En el trabajo realizado por Cao, et al.[10], pueden apreciarse las ventajas que proporciona el uso de redes de sensores inalámbricas. En este trabajo se desarrolló una red de sensores para la detección remota de vapor de agua, con una resolución de hasta 1 ppm. Al implementar la red, los resultados demostraron la utilidad de este tipo de redes, ya que permitió un funcionamiento robusto y preciso, conservando la flexibilidad del sistema y un bajo costo de instalación.

3 Antecedentes y Descripción del Problema

Debido a la abundancia de radiación solar que se tiene en la región, la Universidad de Sonora, junto con otras instituciones, llevaron a cabo un proyecto donde se construyó la Plataforma Solar de Hermosillo (PSH, antes conocida como Campo de Pruebas de Helióstatos) [11], con el fin de llevar a cabo estudios para aprovechar la radiación solar, mejorando los métodos de recolección y conversión de la energía solar. Esta plataforma consiste en un campo donde se cuenta con un número creciente de helióstatos desarrollados por la misma universidad y otras instituciones de investigación, así como una torre central para generación de energía y realización de pruebas experimentales.

Todo el sistema de seguidores solares se controla de manera general desde una Unidad Central de Control (UCC). La UCC solo obtiene cierta información sobre el funcionamiento de los helióstatos y controla el estado en que estos se encuentran. La comunicación entre los helióstatos y la UCC, se lleva a cabo por medio de tecnología Ethernet, y se limita solamente a la comunicación de la UCC con cada seguidor de manera individual, es decir, no existe comunicación entre helióstatos.

Actualmente los helióstatos en la PSH carecen de los sensores e instrumentación necesaria para analizar o determinar su desempeño considerando las condiciones de operación en que se encuentran. Esto representa un problema para el desempeño del campo de heliostatos, debido a que no se miden las variables bajo las que operan estos, y que pueden afectar al funcionamiento de los mismos, como pueden ser la temperatura, velocidad del viento, humedad, entre otras variables. Al carecer de información sobre estos factores, el desarrollo de estudios, experimentos y el funcionamiento de las unidades, se ven comprometidos, y se dificulta el desarrollo de nuevas tecnologías.

Para solucionar lo anterior se pretende instalar en las unidades la instrumentación requerida, sin embargo no es posible llevar esto a cabo con el sistema de comunicación que se tiene actualmente en la plataforma, debido a que la transmisión de información por medio de Ethernet no sería suficiente, a causa de la gran cantidad de datos y el alto número de nodos de comunicación que se tendrían una vez instalado el instrumental en los helióstatos. Para poder efectuar la instrumentación de los helióstatos, es necesario el diseño de un sistema de comunicación inalámbrica, de bajo costo, que pueda transmitir información de manera eficiente, y que pueda ser implementado en la plataforma, tomando en cuenta todos los factores que pueden interferir con la comunicación en este entorno, como son: factores ambientales, interferencias y ruido eléctrico, interferencias por los materiales, etcétera.

4 Propuesta de Solución

Con la finalidad de que los helióstatos en la PSH puedan contar con la instrumentación que se requiere, se propone el desarrollo y la implementación de un sistema de comunicación inalámbrica, utilizando sensores inteligentes, para la transmisión eficiente de información que permita un control efectivo del sistema de concentración solar. Para lograr esto, el primer paso es identificar las características y limitaciones que se tienen en la PSH, para poder elegir la tecnología adecuada y la mejor forma de aplicarla en el campo de helióstatos. Una vez diseñado el sistema, se llevará a cabo su implementación, con el fin de realizar pruebas posteriores, que permitan validar la eficacia de la comunicación entre sensores, y de ser necesario, realizar ajustes que mejoren aún más el desempeño del sistema.

5 Resultados y Beneficios Esperados

La implementación en la PSH de un sistema de comunicación inalámbrica a base de sensores inteligentes, permitirá la instrumentación requerida en los seguidores para la valoración y el análisis de su funcionamiento bajo diferentes condiciones. Con esto será posible la obtención de una mayor cantidad y variedad de datos, con lo que se podrán considerar nuevas variables para la optimización del funcionamiento de los seguidores y del desarrollo de pruebas experimentales.

Otras ventajas que se obtendrán de la instrumentación de los helióstatos de la PSH por medio de una red de sensores inteligentes son:

- Mayor facilidad y reducción de costos al instalar nuevas unidades en el campo
- Mayor robustez en la comunicación
- Disminución de costos de mantenimiento
- De ser posible, sustituir los controladores Compact RIO que se utilizan actualmente, por otros de mucho menor costo y complejidad

La metodología y diseño que sean resultado de este proyecto, se desarrollarán posteriormente en una empresa nacional dedicada al desarrollo de tecnología termosolar.

6 Conclusiones

La tecnología de planta de torre central solar es una de las tecnologías solares que se encuentran en desarrollo y que tienen cada vez más importancia como fuentes de energía limpia y renovable. En Hermosillo se creó la Plataforma Solar de Hermosillo (PSH), la cual se dedica a la investigación en el campo de la energía solar. Es debido a la importancia de este tipo de investigaciones, que se propone el desarrollo y la implementación de un sistema de comunicación inalámbrica, que logre una comunicación efectiva de los helióstatos en la PSH, permitiendo la instrumentación de los seguidores, y logrando así un mejor desempeño del campo y un mayor avance en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías solares.

Referencias

1. Lee, C.-Y., Chou, P.-C., Chiang, C.-M. and Lin, C.-F., 2009. Sun tracking systems: a review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 9(5), pp.3875–90.
2. García-Sobrinos, G., Salvador-Villa, I. and Serradilla-Echarri, J., 2007. Tower of power. *Civil Engineering (08857024)*, 77(October), pp.42–50.
3. Her-Terng, Y. and Chieh-Li, C., 2011. Fuzzy sliding mode controller design for maximum power point tracking control of a solar energy system. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 34(5), pp.557–565.
4. Kamal, A.R.M. and Hamid, M.A., 2013. Reliable data approximation in wireless sensor network. *Ad Hoc Networks*, 11(8), pp.2470–2483.

5. Lim, A., 2010. Smart Sensor Networks. In: V. Cutsuridis, A. Hussain and J.G. Taylor, eds., *Perception-action cycle models, architectures and hardware*. New York ;London :: Springer.
6. Spencer, B., Ruiz-Sandoval, M. and Kurata, N., 2004. Smart sensing technology: opportunities and challenges. *Structural Control and Health Monitoring*, 11(4), pp.349 – 368.
7. Karl, H. and Willig, A., 2005. *Protocols and architectures for wireless sensor networks*. Hoboken NJ: Wiley.
8. Cuomo, F., Abbagnale, A. and Cipollone, E., 2013. Cross-layer network formation for energy-efficient IEEE 802.15.4/ZigBee Wireless Sensor Networks. *Ad Hoc Networks*, 11(2), pp.672–686.
9. Papageorgas, P., Piromalis, D., Antonakoglou, K., Vokas, G., Tseles, D. and Arvanitis, K.G., 2013. Smart Solar Panels: In-situ Monitoring of Photovoltaic Panels based on Wired and Wireless Sensor Networks. *Energy Procedia*, 36, pp.535–545.
10. Cao, F., Wang, Y.-D., Liu, L. and Cong, M.-L., 2014. A wireless sensor network based on DFB lasers for water vapor detection. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 193, pp.370–374.
11. LACYQS, 2011. Campo de Pruebas de Helióstatos (CPH). [Online] Disponible en: <http://lacyqs.cie.unam.mx/es/index.php/instalaciones/campo-de-pruebas-de-heliostato>

Sistema de Monitoreo de Temperatura de Pacientes Pediátricos y Geriátricos

Joel Ruiz-Ibarra, Lorenia Cantú-Ballesteros, María Guadalupe Sánchez-Cuellar, Claudia Rojas-Vásquez, Luz Elena Molina-Gil

Universidad Estatal de Sonora, Unidad Académica Navojoa. Periférico 810 y Carretera a Huatabampo, CP: 85840. Navojoa Sonora. México.

joelruizibarra@gmail.com, lorenia.cantu@ues.mx,
lupita.sanchez@ues.mx, claudia.rojas@ues.mx,
luz.molina@ues.mx

Resumen. Las complicaciones médicas en enfermedades respiratorias y de cuidados intensivos suele presentarse mayormente en pacientes de edades tempranas o adultos mayores que no pueden cuidar de sí mismos; por lo que el monitoreo estrecho de los parámetros físicos, ambientales y vitales de estos pacientes, permite tomar medidas inmediatas ante una complicación detectada, lo cual puede hacer la diferencia entre el diagnóstico y tratamiento a tiempo o la pérdida de la vida del paciente. Este trabajo contempla el diseño de un sistema de monitoreo inalámbrico de temperatura de cama del paciente. De este modo se pueden implementar múltiples estrategias de cuidados intensivos en función del grado de confort térmico que tiene el paciente, previendo cambios bruscos de temperatura y sus consecuencias. La estrategia propuesta se basa en una plataforma de comunicación estándar conocida como Redes Inalámbricas de Sensores

Palabras clave: WSN, Temperatura de cama, cuidados infantiles, cuidados geriátricos.

1 Introducción

Existe actualmente gran interés, tanto tecnológico como económico, en el desarrollo de tecnologías emergentes capaces de mejorar la calidad de vida del ser humano, más aun al tratarse de niños o personas de la tercera edad quienes son los más vulnerables e incapacitados para llevar un monitoreo de aquellas variables que afectan su estado de salud. El objetivo de este trabajo es diseñar un instrumento inalámbrico que permita el monitoreo estrecho de aquellos parámetros físicos, ambientales y vitales que más influyan

Joel Ruiz-Ibarra, Lorenia Cantú-Ballesteros, María Guadalupe Sánchez-Cuellar, Claudia Rojas-Vásquez y Luz Elena Molina-Gil, *Sistema de Monitoreo de Temperatura de Pacientes Pediátricos y Geriátricos*, en: Alonso Perez-Soltero, Mario Barceló-Valenzuela, Oscar-Mario Rodríguez-Elias, German-Alonso Ruiz-Domínguez, Erica-Cecilia Ruiz-Ibarra, Ramón-René Palacio-Cinco (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 282-290, 2014.

en función de su condición médica. La propuesta pretende tener un amplio alcance en el ámbito de atención y cuidado a pacientes, mostrando con un monitor a control remoto y bajo una serie de sensores, parámetros relevantes como (temperatura corporal, humedad ambiental, ritmo cardiaco, presión, glucosa, oxígeno, entre otras). E incluso, contempla la posibilidad de que un actuador puede suministrar automáticamente las dosis de medicamentos que el paciente requiera en determinados casos. Esta propuesta se diseña sobre una plataforma de comunicación estándar IEEE802.15.4 de reciente desarrollo, llamada Redes Inalámbricas de Sensores o WSN por sus siglas en inglés. El hacerlo de esta manera propicia la escalabilidad de la tecnología y garantiza la existencia de soporte técnico y hardware. Como trabajo futuro, se implementará y podrá acceder a estas mediciones en línea, desde cualquier conexión a la red internet.

Los niños y adultos mayores, suelen tener enfermedades respiratorias que se complican al no llevar un control estricto de su contexto ambiental, sus signos vitales y parámetros físicos tan sencillos pero significativos como conocer la temperatura del paciente en todo momento. El personal médico o de enfermería tanto en hospitales, clínicas, como la atención de pacientes en el hogar requiere de tiempo, conocimiento, sentido de alerta y dedicación, para llevar a cabo, de manera eficiente, el monitoreo de parámetros vitales. Aunado a ello, se sabe que el personal calificado es costoso, escaso e insuficiente y en muchos casos, ineficiente; sin omitir la presencia de distractores físicos, electrónicos y ambientales que prevalecen en la actualidad y que roban la atención de los cuidadores de las tareas asignadas. Es por ello que se propone satisfacer esta necesidad y contrarrestar la falta de información o registro, que dé cuenta de las variaciones en momentos o puntos críticos del estado de salud del paciente. No en todos los sitios de atención médica y, menos aún de atención a pacientes en el hogar, se cuenta con sistema de alarma que anuncie las alteraciones importantes de los parámetros monitoreados, lo cual resta la posibilidad de prevenir complicaciones o de asistir al paciente en el momento adecuado, por lo que se requiere de mejorar el tiempo de reacción ante una situación de riesgo o complicación médica; la pregunta que se genera es la siguiente: ¿es posible el diseño de un instrumento de monitoreo inalámbrico que pueda detectar información corporal del paciente y ser registrada bajo un conjunto de sensores que permitan incrementar la expectativa y calidad de vida del paciente?

La población de mayor riesgo de complicaciones de salud necesita ser monitoreada más estrechamente, dado que se trata de niños que en su mayoría no entienden la trascendencia de sus síntomas, o bien de adultos mayores que pueden presentar alguna discapacidad física, mental o motriz para resguardar la salud por sí mismos. Por lo que es conveniente diseñar y contar con un monitor remoto e inalámbrico que dé cuenta de los parámetros necesarios y con el registro de los mismos de manera suficientes, para que el personal médico cuente con información oportuna que sirva para la toma de decisión de tratamientos o en la actuación específica para derivar a estudios o procedimientos que ayuden a mantener la vida del paciente. Con este diseño se contará con la certeza de estar obteniendo datos que permiten el actuar en las condiciones de mayor responsabilidad sobre los factores mencionados, para que los pacientes y el personal de atención eviten la incertidumbre y se establezcan los contextos adecuados que faciliten la práctica médica.

Las complicaciones médicas en enfermedades respiratorias y de cuidados intensivos suele presentarse mayormente en pacientes de edades tempranas o adultos mayores que no pueden cuidar de sí mismos; por lo que el monitoreo estrecho de los parámetros físicos, ambientales y vitales de estos pacientes, permitirá tomar medidas inmediatas ante una complicación detectada, lo cual puede hacer la diferencia entre el diagnóstico y tratamiento a tiempo o la pérdida de la vida del paciente. En este trabajo se aborda el concepto de temperatura de cama, el cual consiste en la temperatura entre los ropajes del paciente. Si bien el cuerpo humano regula su temperatura alrededor de 36.5 grados centígrados, hay ocasiones que la temperatura de cama está cerca o por encima de esta temperatura, produciendo que el cuerpo sude y al descubrirlo tenga un cambio brusco de temperatura.

2 Marco Teórico

El subconjunto de la población definido por los niños de 0 a 14 años y adultos mayores de más de 60 años, representan el segmento de la población más susceptible de contraer enfermedades respiratorias y desencadenar complicaciones en época de invierno. Aunado a un variado número de condiciones médicas que requieren cuidados intensivos del paciente, lo que hace imperante incrementar el grado de monitoreo de los mismos.

Por el monto de su población, Sonora se ubica como el décimo octavo estado más poblado del país; 50.3% son hombres y 49.7% mujeres [1]. Al 2013, la esperanza de vida promedio al nacimiento de la población en Sonora es de 75 años; en las mujeres es de 77.9 años y 72.1 para los varones [2]. Según el censo de 2010, en el estado de Sonora residen 231 874 adultos mayores, lo que representa el 8.7% de la población total. En 2011 se registraron 14 752 defunciones en la entidad, de las cuales 62.6% correspondieron a personas de 60 años y más [3].

En contraste, datos censales de 2010 indican que en Sonora residen 767 802 niños y niñas de 0 a 14 años de edad, que en términos relativos representan el 28.8% de la población total del estado. Cabe señalar que el monto de la población infantil ha aumentado, pero su participación porcentual ha disminuido en las últimas décadas: en 1990 su número ascendía a 652 577 y su proporción era del 35.8% respecto al total. La Figura 1 muestra la distribución porcentual de la población por grupos de edad y sexo de 2005[4].

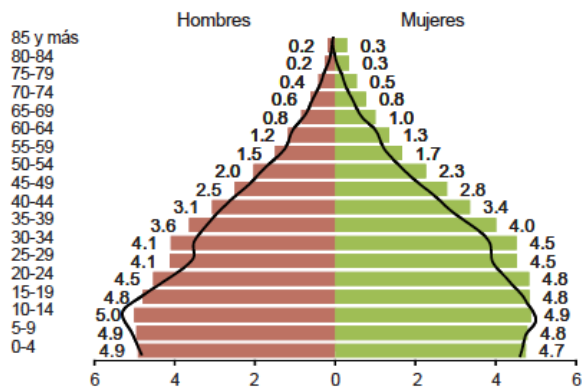


Figura 1. Población por grupos quincenales de edad en México en 2005

3 Metodología

3.1 Sujetos

El sujeto de estudio de esta investigación son los pacientes de edades tempranas o adultos mayores que no pueden cuidar de sí mismos; específicamente en los cuatro municipios más poblados de la entidad (Hermosillo, Cajeme, Nogales y San Luis Rio Colorado) reside el 59.4% de la población de 0 a 14 años del estado [5]

3.2 Procedimiento

La Figura 2 presenta el diagrama a flujo del procedimiento empleado para desarrollar el proyecto, el cual consistió de 7 fases, las cuales se describen a continuación.

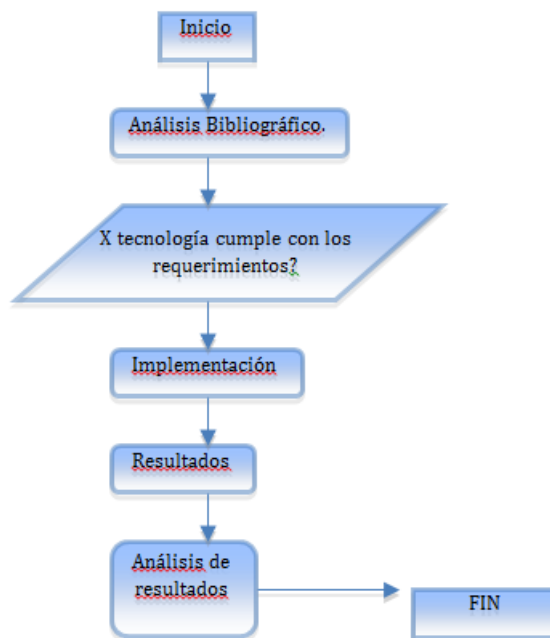


Figura 2. Diagrama de la metodología empleada

Se realizó un análisis bibliográfico en el que se identificó la necesidad entre pacientes pediátricos y geriátricos. Mediante un análisis exhaustivo se determinó que una red inalámbrica de sensores, transmitiendo a bajas tasas de transferencia, de manera robusta para aplicaciones médicas sería la mejor opción de implementación.

Posteriormente se analizaron diferentes tecnologías para definir su pertinencia en la resolución del proyecto. Se analizó el uso de raspberry pi, sin embargo implicaba costos muy altos aun que como centro de acopio de información resulta una excelente opción para trabajo futuro. Se analizó el uso de bluetooth en vez de IEEE802.15.4 y se observó que el consumo de energía y la interferencia podía afectar el desempeño del prototipo. La distancia entre paciente y unidad de monitoreo se reducía drásticamente, sin contar con una topología multisaltos como con IEEE 802.15.4. Por lo anterior decidimos desarrollarla basados en una plataforma de redes inalámbricas de sensores.

El prototipo se implementó primeramente en una tablilla de pruebas, cuando éste funcionó se diseñó una tarjeta fenólica con las pistas particulares para el prototipo. Con la implementación en circuito impreso se le da la robustez y versatilidad necesaria para la implementación en escenarios reales de cuidado de pacientes pediátricos y geriátricos.

Se obtuvieron resultados de monitoreo de la temperatura de cama de pacientes pediátricos y geriátricos y se analizaron dichos resultados que aquí se presentan.

3.3 Estructura del Sistema

En la Figura 3, se muestra el diagrama a bloques de las etapas que integran el sistema propuesto, se observa también el esquema general de la comunicación entre los elementos involucrados en el proyecto.

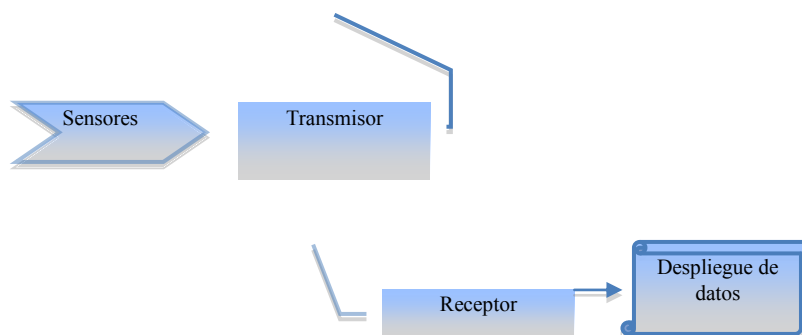


Figura 3. Diagrama a bloques del sistema

Sección de Sensores

Identificada la población a la que va dirigida esta propuesta, se define el tipo de tecnología que es más conveniente emplear. Se utilizaron módulos XBee Serie 1, además de un microcontrolador Microchip PIC 18F4550. Los módulos XBee son pequeños transmisores/receptores inalámbricos que funcionan bajo el estándar de comunicaciones IEEE802.15.4.[6][7][8]. El concepto básico consiste en habilitar la capacidad de realizar conversiones analógica a digital de dichos módulos. Un termistor, en serie con una resistencia de 10Kohms permite traducir la temperatura del paciente a un valor analógico de voltaje.

Sección de Transmisión

El valor que se obtiene del módulo sensor es ingresado al puerto 0, analógico, del XBee transmisor. Este módulo convierte el valor analógico a digital y lo envía al XBee receptor, el cual decodifica el paquete de datos y extrae el valor digital que contiene. Este valor indica, entre otros parámetros propios del enlace inalámbrico, la lectura de voltaje en la entrada del puerto del módulo XBee transmisor.

Sección de Recepción

El módulo XBee receptor reproduce el valor de voltaje que recibe como dato en el paquete inalámbrico en su puerto PWM0, mediante una modulación por ancho de pulsos y un filtro pasa bajas a su salida. Este filtro arroja en el módulo receptor, el valor promedio

288 Joel Ruiz-Ibarra, Lorenia Cantú-Ballesteros, María Guadalupe Sánchez-Cuellar, Claudia Rojas-Vásquez, Luz Elena Molina-Gil

de una señal cuadrada de nivel alto, con ancho variable de pulso, correspondiendo al valor de voltaje que ingresó en el puerto 0 del módulo transmisor como respuesta del sensor de temperatura.

Sección de Despliegue de Datos

Dado que este voltaje representa temperatura, se utilizó un PIC 18F4550 para hacer la conversión a grados centígrados. Así mismo, se aprovecha la capacidad de comunicación serial bajo el estándar RS232 de XBee para que esta misma información esté disponible en un software de PC desarrollado para mostrar los datos de temperatura obtenidos y tener la posibilidad de darle un post-procesamiento.

Los módulos XBee S1 tienen dos modos de operación y configuración, llamados modo API y modo transparente[9][10][11][12]. En este caso se empleó el modo transparente y la programación de los módulos se realizó mediante comandos AT, a través de una hiperterminal, comúnmente empleados en módems de comunicaciones.

4 Resultados

En la identificación del problema social a abordar se observó que la población de mayor riesgo de complicaciones de salud necesita ser monitoreada más estrechamente, dado que se trata de niños que en su mayoría no entienden la trascendencia de sus síntomas, o bien de adultos mayores que pueden presentar alguna discapacidad física, mental o motriz para resguardar la salud por sí mismos.

Se llevó a cabo la recopilación bibliográfica para seleccionar la tecnología a utilizar, llegando a visualizar que en la mayoría de las aplicaciones, los sensores son abastecidos de energía a través de baterías que no se pueden reemplazar o bien es impráctico hacerlo. Una red de sensores puede estar compuesta por diferentes tipos de sensores como son los sísmicos, magnéticos, térmicos, visuales, infrarrojos, acústicos y radar con los cuales es posible monitorear una amplia variedad de condiciones ambientales como pueden ser temperatura, humedad, movimiento vehicular, luminosidad, presión, niveles de ruido, etc.

El sistema planteado consiste en un módulo XBee Serie1 en el que se habilita el convertidor analógico-digital AD0, recibiendo voltaje del sensor de temperatura con un mínimo de 1.2V y un máximo de 2.8V. En el módulo receptor se habilita el puerto PWM0 y el puerto UART de comunicación serial. PWM0 permite visualizar, mediante un filtro pasa-bajas, los mismos niveles de voltaje que recibió el módulo transmisor desde el sensor, y el puerto UART transmite el valor digital de esa medición a la aplicación visual. La Figura 4 muestra la aplicación desarrollada en C# en la que se configura y visualizan los datos sensados.

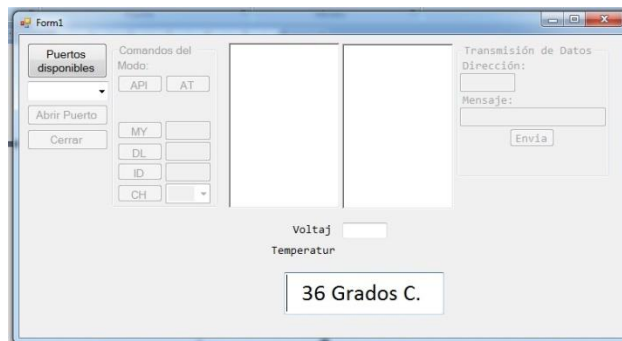


Figura 4. Ventana de aplicación de monitoreo

El grado de innovación está definido por la sinergia entre tecnologías emergentes, como lo son las redes inalámbricas de sensores de baja tasa de transferencia, y aplicaciones existentes como el monitoreo de los parámetros vitales y ambientales de los pacientes. Esta nueva tecnología le da a una aplicación consolidada en el cuidado de la salud, la robustez, escalabilidad y factibilidad económica que lo podría definir con un alto grado de innovación.

El reciente incremento de investigación en redes inalámbricas de baja tasa de transferencia ha traído consigo el auge de aplicaciones industriales y médicas robustas, capaces de trabajar en ambientes hostiles (en lo que respecta a interferencia eléctrica) a un costo muy reducido. La intención de las redes inalámbricas de sensores es poder desplegar cientos o miles de nodos en una misma red, lo que ha llevado a reducir el costo de cada nodo, haciéndolo pertinente tanto tecnológica como económicamente.

Toda tecnología que mejore la calidad de vida y salud del entorno social en el que se aplica tiene un impacto considerable. Este trabajo propone un prototipo capaz de mejorar el cuidado de la salud en pacientes de alto riesgo. Tecnologías emergentes como las redes inalámbricas de sensores no tienen fronteras geográficas, haciendo del desarrollo de aplicaciones para ellas un producto competente en mercados internacionales, aportando positivamente al ambiente económico, político y social. El impacto directo en la población de estudio se da en la medida que esta aplicación impida cambios bruscos de temperatura al monitorear la temperatura de cama de los pacientes. Estos cambios son de extrema importancia en la población de estudio dada su fragilidad ya sea por ser infantes o por bajas defensas al tener avanzada edad.

5 Conclusiones

Esta propuesta mejora las expectativas de vida e incrementa la calidad de vida de los pacientes vulnerables al descuido de sus síntomas y condiciones ambientales. Se protege al 28.8% y 8.7% de niños y adultos mayores, respectivamente, que son los que más riesgo

290 Joel Ruiz-Ibarra, Lorenia Cantú-Ballesteros, María Guadalupe Sánchez-Cuellar, Claudia Rojas-Vásquez, Luz Elena Molina-Gil

corren de presentar una complicación médica ante un cambio repentino de sus variables físicas o ambientales. Es necesario aplicar esta propuesta en un grupo piloto y determinar cuantitativamente el impacto en la población. Heurísticamente podemos extrapolar que técnicamente es posible monitorear y retroalimentar positivamente la condición médica de un paciente, mejorando sus probabilidades de sobrevivir a la misma. La Figura 1, que muestra la ventana de configuración y visualización de la aplicación, permite conocer en todo momento el valor de los sensores que se elijan utilizar, en este caso temperatura, permitiendo el constante monitoreo de la misma.

Referencias

1. Consejo Nacional de Población (CONAPO). Proyecciones de la población de México 2010-2050. (2013 Mayo) Disponible en: <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>.
2. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). XI Censo General de Población y Vivienda 1990. Tabulados básicos. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Tabuladores básicos.
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censo de Población y Vivienda 2010. Microdatos de la muestra. Cuestionario ampliado. México, INEGI. (Agosto 2013) Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/microdatos2/default2010.aspx>
4. Secretaría de Salud (SSA) Sistema Nacional de Información en Salud. (SINAIS). Boletín de Información Estadística. Vol. III. Servicios otorgados y Programas sustantivos. Núm. 31, Año 2011. (Abril 2012) Disponible en: <http://www.sinais.salud.gob.mx/publicaciones/index.html>
5. Encuesta Nacional de la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH), Microdatos. México, INEGI. (Agosto 2011) Consultado en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/microdatos2/encuestas.aspx?c=33531&s=est>
6. Robert Faludi, (2010). Building Wireless Sensor Networks: O'Reilly Media.
7. Zhao Feng, Guibas Leonidas, (2004). Wireless Sensor Networks: Elsevier.
8. Jun Zheng, Abbas Jamalipour, (2009). Wireless Sensor Networks, a Networking Perspective: Wiley.
9. Walteneus Dargie, Christian Poellabauer, (2010). Fundamentals of Wireless Sensor Networks, Theory and Practice: Wiley.
10. Kazem Sohraby, Daniel Minoli, Taieb Znati, (2011). Wireless Sensor Networks, Technology, Protocols and Applications: Wiley.
11. Anna Hac, (2003). Wireless Sensor Network Designs: Wiley.
12. Wang Ruchuan, Xiao Fu, (2012). Advances in Wireless Sensor Networks: Springer

ISBN: 978-0-578-15472-5



ISBN: 978-0-578-15472-5