

El análisis de fiabilidad humana en la mejora de procesos

Human reliability analysis in process improvement

Ramón Ángel Pons Murguía¹, Eulalia María Villa González del Pino², Yanko Bermúdez Villa³

¹PhD en Ingeniería Industrial. Docente Investigador. Grupo Gestión de la Innovación, Optimización y Medio Ambiente. Universidad Autónoma del Caribe. Email: ponsmcu@yahoo.com.

²PhD en Ciencias Técnicas. Docente Investigador. Grupo Productividad y Competitividad. Universidad de la Costa.

³MSc en Ingeniería Industrial. Docente Investigador. Grupo Productividad y Competitividad. Universidad de la Costa.

Recibido 15/11/13, Aceptado 23/12/2013

RESUMEN

El mejoramiento de los procesos se considera con frecuencia como un aspecto técnico. Sin embargo, esta tarea exige una perspectiva más amplia que permita a los ingenieros tener una mejor comprensión del significado del aspecto humano y su contribución en la ocurrencia de fallos. Es por ello que se requiere emplear enfoques cognitivos conjuntamente con los enfoques tradicionales, para evaluar mejor el comportamiento humano en su interacción con los procesos. El análisis probabilístico de riesgos, aplicado a los sistemas industriales, demuestra que el error humano es una parte importante del riesgo total. El presente trabajo tiene como objetivo mostrar la aplicación del Análisis de la Fiabilidad Humana (AFH) en los Proyectos de Mejoramiento, para evitar fallos y accidentes. También se muestra una breve discusión de los métodos y técnicas aplicados en un estudio de caso.

Palabras claves: Fiabilidad Humana, Error Humano, Comportamiento Humano, Mejora Continua, Gestión por Procesos, Análisis Probabilístico de Riesgos.

ABSTRACT

Process Improvement is often seen as a technical matter. However, this task requires a much broader perspective that helps engineers to have a better comprehension of the human side meaning and its contribution to process failures. Therefore, the joint use of cognitive and traditional approaches is required for a better assessment of human behavior in its interaction with processes. The probabilistic analysis of risks applied to industrial systems demonstrates that human error is a very important part of the total risk. The present work is aimed to show the application of Human Reliability Analysis (HRA) in Process Improvement projects for avoiding failures and accidents. A brief discussion of applied methods and techniques to a case study are also shown.

Keywords: Human Reliability, Human Error, Human Behavior, Continuous Improvement; Process Management, Probabilistic Analysis of Risks.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la interacción entre las personas y la tecnología es quizás uno de los retos científicos más complejos de nuestro tiempo. A medida que se cuenta con herramientas y medios más poderosos, se hacen más necesarios y urgentes los esfuerzos por entender en qué circunstancias y por qué se puede dar el error en nuestros actos, el temido fallo humano, con el objeto de prevenirlo.

El análisis del error humano, de la fiabilidad del acto humano, es un tema en el que conviene tener presente que el ser humano actúa siempre bajo la acción de un gran nú-

mero de variables personales, organizacionales, situacionales y ambientales, que a menudo imposibilitan la determinación definitiva de las causas [1, 2]. Esta característica del comportamiento humano, la cantidad y complejidad de las variables a considerar, hace que la cuestión de cómo prevenir el error se complique a medida que se profundiza en su análisis, de modo que los modelos científicos integradores que, considerando todos los elementos importantes, brinden una explicación completa, se encuentran en desarrollo [3, 2]. Existen respuestas parciales a través de modelos que han hecho énfasis en algunas variables importantes en detrimento de otras, según las corrientes científicas de las que formen parte.

La necesidad de analizar las causas, unida a la visión sistémica de los accidentes y a la implicación del contexto organizativo, han permitido el desarrollo de algunos modelos de análisis entre los que destaca el modelo conocido como del “patógeno residente” de James Reason [2]. Este modelo muestra el modo en que los operadores se relacionan con el fallo de sistemas complejos e interactivos, provocando un accidente. Entonces, éste es consecuencia de las interacciones de una serie de fallas o defectos en el sistema, muchos de las cuales no son visibles y tienen serias consecuencias posteriores. Estas fallas pueden ser activas y latentes. Las fallas latentes, aun cuando no causen daño, pueden crear una “ventana de oportunidad” para que se cometa una falla activa que, al interactuar con ciertas condiciones circunstanciales, rompa todas las acciones preventivas de las empresas para evitar los daños y produzca un accidente [2]. Esta concepción de fallo humano propuesta por el modelo de Reason, sirve para elaborar Diagramas de Control de Fallas que permiten mapear diferentes procesos intervinientes en el sistema y analizar la trazabilidad de un tipo de error para asegurar su prevención, por lo que integrados con los métodos tradicionales de análisis del error humano, resultan muy útiles en el proceso de mejora [4, 5, 6].

2. METODOLOGÍA

Las bases del procedimiento empleado en el presente trabajo se encuentran en los resultados más actuales de las investigaciones en este campo. Los estudios sobre la Fiabilidad Humana, entre los que se encuentra el análisis probabilístico de riesgos, reflejan que la contribución de los errores humanos es muy significativa y, de forma casi unánime, exponen que las cantidades estimadas para estas contribuciones incluyen grandes incertidumbres [7], [8], [9], [10], [11]. Por otra parte, las técnicas de modelado y cálculo de los errores humanos, incluidas en los estudios de fiabilidad de sistemas, guardan relación, más o menos explícita, con los modelos de comportamiento humano que subyacen en ellas [12].

En los últimos años el avance de los estudios sobre fiabilidad humana va muy de la mano de las aportaciones en el campo de la Psicología: por un lado, en la fundamentación de los modelos de comportamiento humano que subyacen en las técnicas de análisis de la fiabilidad y, por otro, en la crítica de estas mismas técnicas, en especial hacia las simplificaciones de tipo operativo, que tienen como efecto negativo, un encubrimiento de las causas de origen psicológico del error, que a su vez impone una limitación considerable al desarrollo de mejoras a los sistemas. En los denominados modelos generales de Rasmussen, Norman, Shallice, entre otros autores, radican los mayores aportes

en cuanto a la representación del comportamiento humano, como solución a los defectos de los modelos mecanicistas [12]. Por consiguiente, todo proceso general de mejora de la Fiabilidad Humana debe acceder inicialmente al conocimiento del hombre, así como de las desviaciones que están presentes en el proceso, y la comprensión de los efectos que éstas manifiestan en la seguridad, el medio ambiente y la rentabilidad del negocio, para comprender la necesidad de acometer un proceso de mejora, que busque eliminar de raíz los defectos y fallas del proceso. Esta prueba de la necesidad exige desarrollar un proceso de comunicación en toda la organización [12, 13, 14].

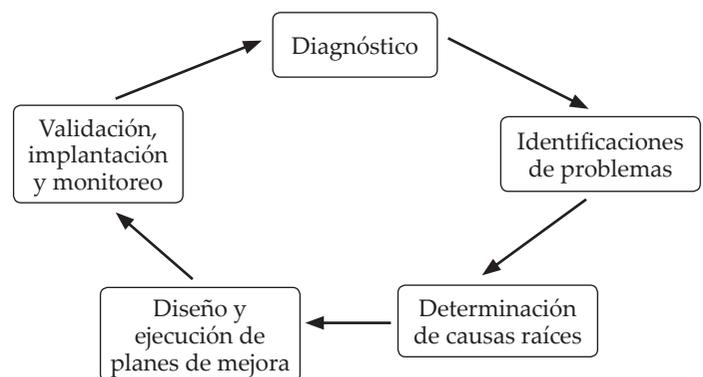
Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo, se aplicó un procedimiento, cuyas bases de funcionamiento radican en la concepción sistémica e integral de todas las variables organizacionales que intervienen en el desempeño de los sistemas sociotécnicos, comenzando con la incorporación de los aspectos cognitivos del comportamiento humano. El mismo consta de cinco etapas fundamentales, desde el diagnóstico hasta la validación y monitoreo del desempeño de la propuesta.

Las variables consideradas en el diagnóstico manifiestan total interdependencia entre factores claves tales como el Clima Laboral, y la Cultura Organizacional, el Liderazgo, los Métodos de Trabajo y de Dirección y las actitudes/comportamientos ante el conocimiento y las habilidades necesarias. Se contó con el interés y compromiso de la dirección para el desarrollo del mismo.

Una vez cumplido con la exigencia de lograr el convencimiento de la necesidad de acometer la mejora, se recomendó entonces aplicar el método general que se muestra en la figura 1 y se describe en la tabla 1.

Figura 1. Proceso de Mejoramiento de la Fiabilidad Humana.

Figure 1. Improvement Process of Human Reliability



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Etapas del Procedimiento de Mejora de la Fiabilidad Humana

Table 1. Improvement Process Stages of Human Reliability

ETAPAS	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS
Diagnóstico	Determinación de los niveles de ocurrencias de los errores humanos en el proceso; determinación de recursos para el proyecto.	Estadística de fallos; criterios de expertos, entrevistas selectivas; comparación mejores prácticas.
Identificación de problemas	Identificación y jerarquización de los problemas detectados en función de los riesgos estimados.	Método de jerarquización basados en riesgos; FMEA.
Determinación de causas raíces	Identificación de las causas raíces que producen los eventos no deseados de error humano, medición del clima organizacional.	Árboles de fallos; análisis causa raíz, análisis socio métrico; escalas WES de Moos, análisis clúster, análisis factorial, componentes principales.

Diseño y ejecución de planes de mejora	Elaboración del plan jerarquizado de medidas; cuantificación de recursos y establecimiento de compromisos.	Planes de mejora; planes de comunicación; diseño de experimentos, benchmarking; trabajo en equipo; gestión de barreras.
Validación, implantación y monitoreo	Validación de resultados; ajustes de planes; establecimiento de indicadores, control de gestión; elaboración de planes futuros de mejora.	Criterios de expertos; planes de control, análisis económico; análisis Pareto; series cronológicas; FMEA, técnicas de evaluación de riesgos.

Fuente: Elaboración propia.

3. RESULTADOS

La metodología expuesta anteriormente fue aplicada al proceso de distribución de una empresa comercializadora de derivados del pollo, cuyo Diagrama de Flujo se muestra en la figura 2.

Así mismo, la tabla 2 muestra los fallos que se presentaron en el período comprendido entre abril de 2012 y marzo de 2013, el proceso de distribución de los pedidos solicitados por el cliente.

Figura 2. Diagrama de Flujo del Proceso de Distribución.

Figure 2. Flow Diagram of Distribution Process

	ACTIVIDAD (QUÉ)	DESCRIPCIÓN (CÓMO)
1	Toma y registro de pedidos ↓	El Auxiliar III realiza esta tarea atendiendo las llamadas de los clientes y/o realizando <telemercado>, contactando a los clientes del punto de venta. Para ambos casos la información se registra en un libro previamente. La disponibilidad del producto se debe verificar mediante el formato de rotación del producto.
2	Alistamiento de los pedidos ↓	El Auxiliar II recibe la información del pedido con sus observaciones y procede al aislamiento. Desde el cuarto frío ubicará cada referencia solicitada, será pesada en la báscula y posteriormente empacada y rotulada con el nombre del cliente. En esta etapa, el Auxiliar II deberá verificar las cantidades, referencias y el estado del producto a despachar. Una vez el pedido, se ubica en los transportadores.
3	Facturación ↓	El Auxiliar I / Administrador, ingresa el código y unidades de cada producto en el sistema y automáticamente la báscula envía la información del peso del producto, para que el sistema arroje el costo de cada referencia. Posterior a este proceso, los datos quedan consignados en I base de datos, para así generar e imprimir la factura de venta.
4	Enrutamiento ↓	El domiciliario recibe las facturas y organiza la ruta de entrega de los pedidos tenidos en cuenta el número de pedidos, la distancia, las prioridades de los clientes y las horas de entrega, así como las principales vías de acceso. La ruta debe permitir al conductor recorrer la distancia corta entre puntos.
5	Envío y entrega de pedidos ↓	El domiciliario, una vez diseña la ruta a seguir, toma los pedidos y los ubica en el cajón del vehículo para luego distribuirlos a sus respectivos clientes.
6	Cobro de facturas ↓	El domiciliario llega al cliente y le entrega la factura con el respectivo producto, para que verifique lo que solicitó. Seguidamente el domiciliario recibe el dinero de la factura correspondiente y sigue con la ruta diseñada.
7	Desembolso de dinero	El domiciliario entrego el dinero después de cada ruta al administrador, quien lo deposita en la caja.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Estadística de fallos en el proceso de distribución
Table 2. Failure Statistics of Distribution Process

SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DE PEDIDOS		
MESES	DOMICILIOS	FALLOS
Abril	920	77
Mayo	899	79
Junio	835	89
Julio	828	82
Agosto	927	88
Septiembre	942	93
Octubre	1104	94
Noviembre	1035	88
Diciembre	1186	113
Enero	652	68
Febrero	781	65
Marzo	976	83
Total	11085	1019

Fuente: Elaboración propia.

Los datos históricos del periodo en estudio (Tabla 3) muestran que los errores humanos que se presentaron son los siguientes:

Tabla 3. Datos históricos de errores humanos
Table 3. Historical Data of Human Errors

Errores humanos presentes en el proceso de distribución de pedidos
No se compara el pedido alistado con el solicitado.
Toma equivocada de datos y pedidos del cliente.
No se verifica el estado del producto.
Mala identificación del producto.
Ubicación de pedidos alistados en las canastas por tiempo prolongado.
Mal diseño de rutas de entrega.

Fuente: Elaboración propia

La clasificación de los errores detectados en el proceso de distribución se resume en tres clases de errores que se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de los errores humanos
Table 4. Human Error Classification

Tipo de error	Descripción
Por omisión	No se compara el pedido alistado con el solicitado
	No se verifica el estado del producto a despachar
Por acción	Toma equivocada de datos del cliente y el pedido
	Mala identificación del producto
	Mal embalaje del producto
	Mal diseño de rutas
Por demora	Ubicación de pedidos alistados en las canastas durante un tiempo prolongado

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Árbol de Fallos del proceso de distribución.
Figure 3. Failure Tree of Distribution Process

ETAPA	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
Desempeño del evento		Errores en el desempeño de las actividades del proceso de distribución de pedidos.
Modo de fallas		Se descartan problemas con sistemas, básculas y vehículos de transporte, debido a que se consideran en óptimas condiciones.
Hipótesis		El análisis de las clases de errores cometidos indica que son por acción, omisión y demora.
Raíces Físicas		La distribución en planta no es adecuada
Raíces Humanas	No verificar cantidades y estado de productos, escribir erróneamente los datos del cliente y pedido, uso inadecuado de báscula, mal rotulado de pedido, error en la facturación, exceso de tiempo de los pedidos en las canastas, mal diseño de enrutamiento y demoras en entrega de pedidos.	Histórico de los fallos
Raíces Latentes		Final del diagrama.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestran los resultados de la aplicación del árbol de fallos (figura 2).

Este arroja que se deben efectuar procesos de capacitación e inducción al personal para evitar los errores identificados.

La tabla 5 muestra la correlación de los errores humanos con los fallos en el proceso de distribución de los pedidos.

Con base en esta información se determinaron las probabilidades de fallo y éxito del proceso objeto de estudio las cuales se muestran en la tabla 6. Se observa que la fiabilidad del proceso es de 90,80 % y deja la oportunidad de mejorar un 9,20%.

Tabla 6. Probabilidades de fallo y éxito del proceso de distribución.

Table 6. Success and Failure Probabilities of Distribution Process.

Entregas Totales	11085
Total de errores humanos éxito	1019
Probabilidad de fallo	0,091
Probabilidad de éxito	0,908

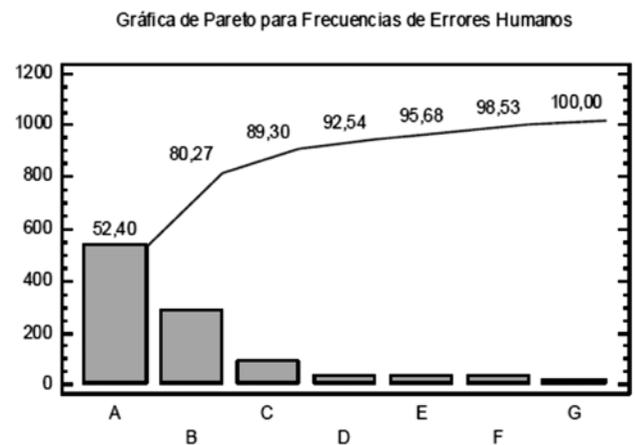
Fuente: Elaboración propia

Lo anteriormente expuesto indica que el proceso de distribución de los pedidos tiene un 9.10% de ocurrencia de fallos.

El análisis Pareto (figura 4) permitió identificar los errores que mayor influencia tuvieron en la ocurrencia de los fallos del proceso de distribución, para así diseñar planes de mejoramiento.

Figura 4. Análisis Pareto de causas.

Figure 4. Pareto Analyses of Causes.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Correlación de los errores humanos con los fallos en el proceso.

Table 5. Correlation of Human Errors with Process Failures

Errores/Fallos en el servicio	Cantidades faltantes	Referencias equivocadas	Mal estado del producto	Exceso de merma	Mal embalaje	Entrega oportuna	Total
No se compara el pedido alistado con el solicitado	35	57	-	-	-	-	92
Toma equivocada de datos y pedido del cliente	17	12	-	-	-	-	29
No se verifica el estado del producto	-	-	33	-	-	-	33
Mala identificación del producto	-	15	-	-	-	-	15
Mal embalaje del producto	-	-	-	-	32	-	32
Ubicación de pedidos alistados en las canastas por tiempo prolongado	-	-	-	284	-	-	284
Mal diseño de rutas de entrega	-	-	-	-	-	534	534
Total	52	84	33	284	32	534	1019

Fuente: Elaboración propia.

LEYENDA:

- A Mal diseño de rutas de trabajo
- B Ubicación de pedidos alistados en las canastas, por tiempos prolongados.
- C No se compara el pedido alistado con el solicitado
- D No se verifica el estado del producto
- E Mal embalaje del producto
- F Toma equivocada de datos del cliente y pedidos
- G Mala identificación del producto.

El resultado que arroja el análisis Pareto, indica que los errores humanos más frecuentes en el proceso de distribución de pedidos son el mal diseño de rutas de entrega, la cual genera entregas tardes de los pedidos y la ubicación de los pedidos listos durante largo tiempo en las canastas, lo que genera aumento de la merma en el producto.

Los 2 errores representan el 80,27 % de los fallas en el servicio de entrega. Esto obliga a concentrar los esfuerzos en estos aspectos para aumentar el indicador de buen servicio en la entrega de los pedidos solicitados.

El Diagrama de Control de fallos que se muestra en la figura 5, permitió analizar la trazabilidad de cada tipo de error y adoptar las medidas para prevenir su ocurrencia.

El análisis realizado arrojó los resultados siguientes:

Las fallas en el proceso de distribución de pedidos son causados por errores humanos donde sobresalen los malos enrutamientos y la ubicación de los pedidos listos en canastas por un largo tiempo.

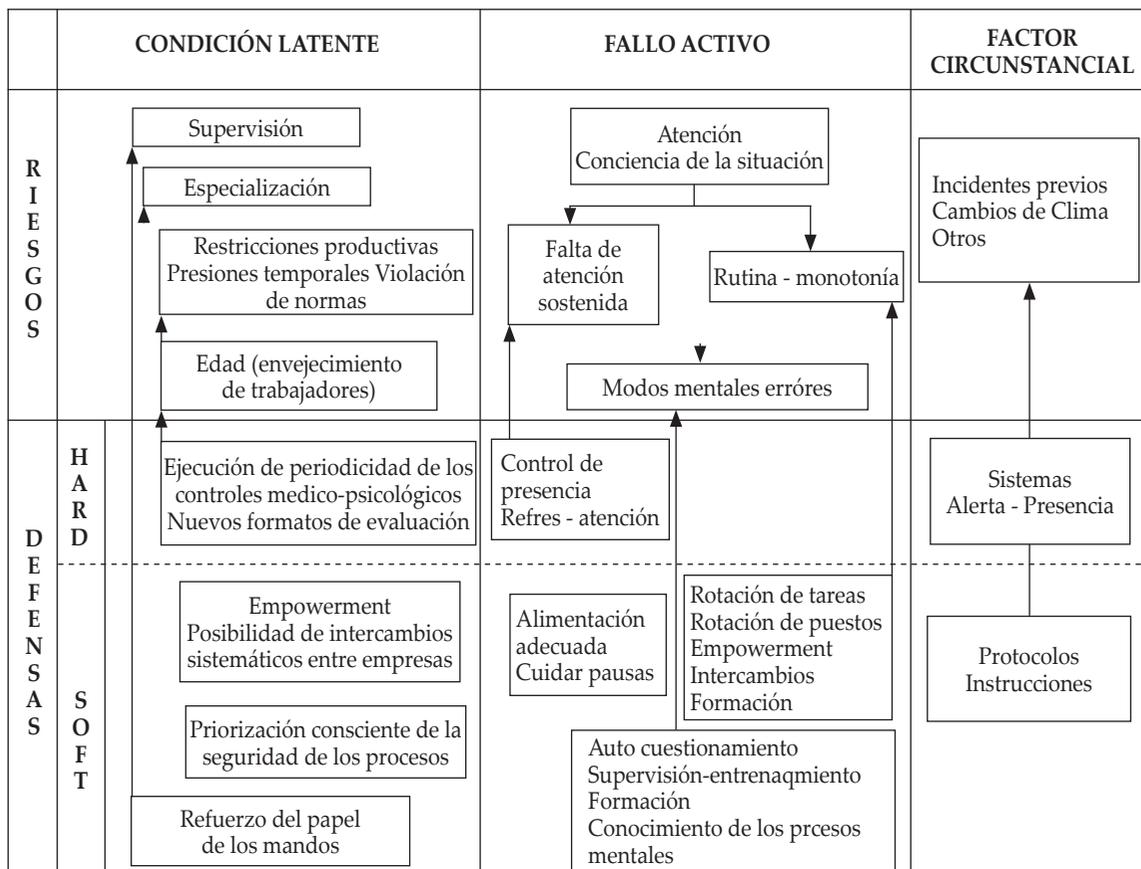
El logro de la entrega oportuna se puede realizar si se capacita al personal sobre el método de enrutamiento y el acceso a rutas alternas que permitan agilidad en la entrega.

El suministro de productos con merma se puede evitar si el pedido alistado se ubica en las canastas sólo cuando los domiciliarios llegan al punto de venta.

Se deben realizar capacitaciones al personal que influye directamente en el proceso, con el fin de generar compromiso sobre el cumplimiento de los procedimientos e instructivos.

La toma de datos del cliente es una actividad importante debido a que corresponde a la primera actividad del pro-

Figura 5. Diagrama de Control de Fallos del proceso de distribución. Adaptado de Sebastián, 2009 [2]
Figure 5. Failure Control Diagram of Distribution Process. (Adapted from Sebastián, 2009) [2]



ceso. Por eso se deberá confirmar y reconfirmar, cuando no se está seguro, los datos del cliente y la información de los pedidos.

4. CONCLUSIONES

- Los estudios e investigaciones más recientes dedicados al tratamiento de la probabilidad de error en los procesos se dirigen a incorporar cada vez más, los aspectos cognitivos del comportamiento humano y sus variables.
- Los errores humanos no deben tratarse como actos aislados ya que los fallos son consecuencia de las imperfecciones en los procesos o el sistema sociotécnico que no dependen directamente, en muchos casos, del desempeño del trabajador, sino de variables tales como la cultura y clima organizacionales, el liderazgo, los procedimientos y decisiones de los directivos, por lo que se requiere de análisis de causas integrales, tanto de las más visibles como de las latentes.
- El procedimiento y las herramientas empleadas engloban, desde el marco operativo hasta el organizacional todas las variables que influyen directamente en la ocurrencia del error humano, con lo cual es posible elaborar planes de mejoramiento que contribuyan a la erradicación preventiva de las causas que los provocan.

REFERENCIAS

- [1] Elsayes A. Elsayed (1999). Reliability Engineering. Reading, Mass: Addison – Wesley, 1996. Second Edition. Reading, Mass: Addison – Wesley, 1999. 224 P.
- [2] Sebastián, M. (2009). Fallo humano: la quiebra de un paradigma. Revista Apuntes de Psicología. 2009, Vol. 27, número 1, págs. 21-5. ISSN 0213-3334.
- [3] Duro, A. (2009). Modulación del trabajo: estrategias de adaptación del trabajador para regular las demandas de tarea y persona. *Psicothema*, 21 (1), 105-111.
- [4] Villa y Pons, (2006). Modelo y procedimientos para el Control de Gestión en busca de la Calidad en Instituciones de Educación Superior. Congreso Internacional Universidad 2006. Publicación de trabajos presentados en evento CD.
- [5] Bermúdez, et.al. (2008). “Aplicación de un procedimiento para la Gestión del Proceso de Investigación en un Departamento Docente”. Congreso Internacional De Gestión Tecnológica e Innovación. Agosto 14 y 15 / 2008. Bogotá. Colombia.
- [6] Pons Murguía, Ramón (2013). Clase magistral de Fiabilidad de Procesos. Especialización en Gestión de la Calidad. Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. Marzo de 2013.
- [7] Kirwan, B. (1994). A guide to practical human reliability assessment. London: Taylor & Francis. Maluf, D. A., Gawdiak, Y. O., y Bell, D.G. (2008). On space exploration and human error a paper on reliability and safety. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=?doi=10.1.1.111.3314>.
- [8] Rea, R., y Sandoval, s. (2000, mayo-junio). Análisis de riesgos en la industria química. *Boletín IIE-Méjico*, 24, 110-118. Disponible en <http://www.iie.org.mx/calidad2000/aplica.pdf>
- [9] Creus, A. (2001). Fiabilidad y seguridad. Su aplicación en procesos industriales. Barcelona: Ed. Marcombo.
- [10] Johnson, C. (2003). Failure in safety-critical systems: A handbook of incident and accident reporting. Glasgow, Scotland: Glasgow University Press.
- [11] Maluf, D. A., Gawdiak, Y. O., y Bell, D.G. (2008). On space exploration and human error a paper on reliability and safety. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=?doi=10.1.1.111.3314>.
- [12] Ruiz – Moreno, J., Trujillo; H., 2012. Modelos para la evaluación del error humano en estudios de fiabilidad de sistemas. *Revista Anales de Psicología*, 2012, vol. 28, no. 3 (octubre), 963-977.
- [13] Armendola L., Depool T., [2005]. “Modelo de Confiabilidad Humana en la Gestión de Activos”. VII Congreso de Confiabilidad, Asociación Española de la Calidad, Madrid. España.
- [14] Cantú, H (2011). Desarrollo de una cultura de calidad. México D.F.