

08-003

### LITERATURE REVIEW OF HUMAN ERROR AND STUDY IN INDUSTRY AND SERVICES

Carrillo Gutiérrez, Teresa <sup>1</sup>; Reyes Martínez, Rosa María <sup>2</sup>; Arredondo Soto, Karina Cecilia <sup>1</sup>; Pérez Morales, Juan Ramón <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Baja California, <sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

This paper presents a review of literature on human error, in the context of human reliability, and its importance in processes in industry and services. The aim of this paper is to present the state of the art on the subject, lead authors, models and methodologies used in the data analysis. These structures include models and taxonomies. The search was performed in databases like EBSCO and ScienceDirect among others. The results are shown in two tables containing the studies that have identified human errors that contribute to accidents and incidents in different areas such as aviation, land and sea transportation, manufacturing industry, nuclear plants, systems industrial electricity, medical services and drinking water systems; further studies have identified human errors that contribute to defects or failures in processes or products in the context of the manufacturing industry with a focus on reliability and quality approach, also in the military industrial occur. The study of human error has been approached from three different approaches: engineering, cognitive psychology and cognitive ergonomics.

**Keywords:** *Human reliability; human error; engineering approach; cognitive psychology; cognitive ergonomics*

### REVISIÓN DE LITERATURA DEL ERROR HUMANO Y SU ESTUDIO EN LA INDUSTRIA Y LOS SERVICIOS

El presente trabajo presenta una revisión de literatura sobre el error humano, en el contexto de confiabilidad humana, y su importancia en los procesos en la industria y los servicios. El objetivo de este documento es dar a conocer el estado del arte sobre el tema, principales autores, modelos y metodologías más utilizadas en el análisis de datos. Estos modelos y estructuras incluyen sus taxonomías. La búsqueda se realizó en bases de datos como EBSCO y ScienceDirect entre otras. Los resultados se muestran en dos tablas que contienen los estudios que han identificado los errores humanos que contribuyen a los accidentes e incidentes en diferentes ámbitos, tales como la aviación, transporte terrestre y marítimo, la industria de la manufactura, en plantas nucleares, en sistemas industriales de energía eléctrica, en servicios médicos y en sistemas de agua potable, también en la industria militar. Además se presentan los estudios que han identificado los errores humanos que contribuyen a los defectos o fallas en procesos o productos en el contexto de la industria de manufactura con enfoque de confiabilidad y enfoque de calidad. El estudio del error humano ha sido abordado desde tres diferentes enfoques: ingenieril, psicología cognitiva y ergonomía cognitiva.

**Palabras clave:** *Confiabilidad humana; error humano; enfoque ingenieril; psicología cognitiva; ergonomía cognitiva*

Correspondencia: Teresa Carrillo Gutiérrez [tcarrillo@uabc.edu.mx](mailto:tcarrillo@uabc.edu.mx)

Agradecimientos: Se agradece el apoyo a la Universidad Autónoma de Baja California en la realización de este estudio como parte de un proyecto de investigación; así como a los profesores de posgrado del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

## 1. Introducción

El presente trabajo presenta una revisión de literatura sobre el error humano, en el contexto de confiabilidad humana, y su importancia en los procesos en la industria y los servicios. El objetivo de este documento es dar a conocer el estado del arte sobre el tema, principales autores, enfoques, modelos y metodologías más utilizadas en el análisis de datos. Estos modelos y estructuras incluyen sus taxonomías.

## 2. Marco conceptual

El término ergonomía, proviene del griego ergos (trabajo) y nomos (leyes naturales), siendo una disciplina orientada a los sistemas, que ahora se aplica a todos los aspectos de la actividad humana. Reyes (2011) menciona que la ergonomía tiene el propósito hacer un sistema de trabajo que funcione para mejorar la interacción entre los humanos y otros componentes. Pero debe hacerse al nivel del sistema de trabajo total y no sólo en uno de los elementos. La confiabilidad humana es un campo del conocimiento de la ergonomía.

Ahora bien, existe una gran cantidad de definiciones de confiabilidad humana. Para este trabajo se considera la definición elaborada por la Comunidad Económica Europea en 1988 y presentada por Arquero y Nogareda (1994) del Centro Nacional de Condiciones de Trabajo en España. Se le define como "el cuerpo de conocimientos que se refieren a la predicción, análisis y reducción del error humano, enfocándose sobre el papel de la persona en las operaciones de diseño, mantenimiento, uso y gestión de un sistema sociotécnico" (p. 1). Por ello, la confiabilidad humana tiene como objeto de estudio el error humano.

Según Reyes (2011), el error humano es un constructo complejo que ha recibido una constante atención entre los estudiosos de los factores humanos en los sistemas dinámicos y complejos. A saber, la definición dominante del error humano es planteada por Reason (1990) quien lo define como "un término genérico que acompaña a todas aquellas ocasiones en las cuales una secuencia de actividades físicas o mentales, falla en alcanzar su resultado deseado y cuando estas fallas no pueden ser atribuidas a la intervención de alguna oportunidad" (p.9). De acuerdo con Cañas y Waerns (2001) el estudio del error humano ha sido abordado desde tres diferentes enfoques: ingeniería, psicología cognitiva y ergonomía cognitiva.

En el estudio de Reyes (2011) se menciona que el enfoque ingenieril ha desarrollado una serie de técnicas conocidas con el nombre genérico de técnicas de análisis de confiabilidad humana; las cuales parten del supuesto básico de que las acciones de una persona en el lugar de trabajo pueden ser consideradas al funcionamiento de una máquina. Su objetivo es predecir la probabilidad de un error humano y evaluar cómo todo el sistema de trabajo se degrada a consecuencia del error solo o en conexión con el funcionamiento de las máquinas, las características de la tarea o de la persona y el diseño del sistema de trabajo. Estas técnicas han sido criticadas como insuficientes aunque se le reconoce sus aportaciones a los esfuerzos por predecir la ocurrencia de un error humano.

El enfoque de la psicología cognitiva pretende conocer cuáles son los procesos mentales responsables de que una persona cometa un error (Norman, 1988; Reason, 1990). Estos autores establecen que los errores no son conductas irresponsables; ni ocurren por un funcionamiento mental defectuoso; pueden ser consecuencia de ignorar durante el diseño del sistema de trabajo, cómo una persona percibe, atiende, recuerda y toma decisiones. En este enfoque se investigan las causas de los errores humanos mediante el análisis de las

características del procesamiento de información humana.

El enfoque de la ergonomía cognitiva reconoce que en muchas ocasiones la causa de los errores humanos hay que buscarla en el diseño de la máquina, de las señales informáticas o de los medios de comunicación entre las personas. Por lo cual, explicar, predecir y evitar esta clase de errores, es un tema central de la ergonomía cognitiva. Siguiendo a Reyes et al. (2014), el enfoque de la ergonomía cognitiva consiste en la combinación de los análisis de confiabilidad humana, desarrollados por los ingenieros y los modelos cognitivos. Este enfoque parte de dos supuestos básicos:

1. Los errores humanos no pueden ser explicados solamente desde los modelos cognitivos. La persona y el sistema donde trabaja, deben ser vistos como un sistema cognitivo conjunto donde tiene lugar la interacción de ambos.
2. La conducta de una persona está determinada por el contexto en el que ocurre. El sistema de trabajo crea situaciones dinámicas que cambian continuamente. Por tanto, es necesario tener en cuenta el contexto de la tarea al considerar la conducta. No es suficiente evaluar los errores desde el punto de vista del procesamiento de la información del humano.

El ser humano, sus herramientas, su proceso de razonamiento y las acciones dentro del medio ambiente, son las características clásicas del enfoque de la ergonomía cognitiva.

### 3. Metodología

Para realizar la revisión de literatura se accedió principalmente a dos bases de datos: EBSCOhost y ScienceDirect. Se consideró un periodo de 10 años para la revisión; sin embargo, se incluyeron artículos y libros con fechas anteriores por su relevancia para esta revisión.

### 4. Resultados

Siguiendo a Reyes (2011), el campo del conocimiento de la confiabilidad humana ha presentado a través del tiempo, múltiples aplicaciones. Entre ellas destaca la de ingeniería de seguridad, con sus estudios enfocados a los accidentes fatales, caracterizados por grandes pérdidas humanas y económicas. En este contexto, la industria nuclear, la aviación y la marina de guerra han realizado importantes aportaciones con sus estudios de confiabilidad humana. Entre otros campos del conocimiento aparece la medicina, tránsito y desarrollo de software. Los enfoques metodológicos que se abordan en estos estudios han sido de tipo cuantitativo, cualitativo y mixto (cuantitativo-cualitativo). A continuación se presentan en la Tabla 1 algunas investigaciones en el marco de esta temática.

**Tabla 1. Algunos estudios realizados en el ámbito de ingeniería de seguridad**

Tipo de industria/servicios	Enfoque metodológico	Enfoque de estudio del error humano	Fuente
Aviación	Cualitativo-cuantitativo	Ergonomía cognitiva	Weller & Romney (1988)
	Cuantitativo HFACS	Ergonomía cognitiva	Shappell et al. (2007)
	Cualitativo-cuantitativo	Ergonomía cognitiva	Baker & Krokos (2007)
Planta nuclear	Cualitativo-cuantitativo	Ingenieril	Heo & Park (2010)

Marina de guerra de los Estados Unidos de América	Cualitativo consensual	Ergonomía cognitiva	O'Connor, O'Dea & Melton (2007)
Industria alimentaria	Cualitativo, Método de la teoría fundamentada	Ergonomía cognitiva	Stave & Törner (2007)
Sistema ferroviario	Cuantitativo, HFACS	Ergonomía cognitiva	Reinach & Viale (2006)
	Cuantitativo. HFACS	Ergonomía cognitiva	Baysari et al. (2008)
Universidad	Cuantitativo	Ergonomía cognitiva	Besnard & Cacitti (2005)
Construcción	Cualitativo-Cuantitativo	Ergonomía cognitiva	Robaina, Ávila & Sevilla (2003)
	Cuantitativo	Ergonomía cognitiva	Halim et al. (2008)
Medicina. Cirugía	Cualitativo, Técnica SHERPA	Ergonomía cognitiva	Joice, Hanna & Cuschieri (1998)

Weller y Romney (1998) citan la investigación de Roberts y sus colaboradores quienes realizaron en 1980 un estudio para explorar el error humano entre los pilotos de P-3. Los investigadores utilizaron en la recopilación de datos, una combinación de las técnicas cualitativas, observación participante y entrevista estructurada. En el estudio de los principales tipos de errores cometidos por los pilotos utilizaron la técnica de sorteo por montones. Se les pidió a los pilotos ordenar 60 errores de acuerdo a su similitud; luego se les solicitó que ponderaran los errores en términos de su gravedad. Se utilizaron técnicas estadísticas de Análisis Cluster y Escalamientos Multidimensionales para desarrollar las categorías y las dimensiones del error.

En el 2007 Shappell et al. presentan un estudio que examina los accidentes de aviación para incluir factores relacionados con los accidentes de una tripulación de aérea específica, tales como: ambientales, supervisión y organizacionales, con dos tipos de aviación comercial (pasajeros y de carga) utilizando el Sistema de Análisis y Clasificación de Factores Humanos (HFACS por sus siglas en inglés). En el análisis utilizaron datos de The national Transportation Safety Board y The Federal Aviation Administration, fueron clasificados 1020 accidentes de aviación comercial que ocurrieron durante 13 años.

Continuando en los estudios del ámbito de la aviación se tiene el de Baker y Krokos (2007). Los investigadores presentan un sistema válido y confiable para la identificación y clasificación de las causas de error de los pilotos, reportadas en un programa de Acción de Seguridad en la Aviación (ASAP) por sus siglas en inglés. En el programa, los pilotos reportan los incidentes haciendo una descripción breve del evento. Los investigadores desarrollaron una taxonomía que pudiera ser usada por los pilotos para clasificar las causas de los errores, debido a la dificultad que presenta identificarlos extrayendo la información de los textos narrativos.

En el estudio de Heo y Park (2010) se propone un marco teórico para la estimación de las consecuencias cualitativas y cuantitativas de errores humanos que se producen durante las tareas de mantenimiento que implican el balance de la planta de energía nuclear. Se revisaron varios estudios de caso, y los investigadores concluyeron que el método de Evaluación de Generación de Riesgos para Eventos Relacionados con Humanos (GRA-HRE) por sus siglas en inglés, sería útil en la cuantificación de las consecuencias de mantenimiento y los errores relacionados en un ciclo de turbina.

El propósito del estudio de O'Connor, O'Dea y Melton (2007) es entender mejor cómo contribuye el error humano en los accidentes fatales que suceden entre los buzos de la marina de guerra de los Estados Unidos de América. Los investigadores identifican las causas de los errores humanos, con el enfoque de Reason (1990) y la categorización como fallas activas. En el trabajo de Reyes (2011) se menciona, en relación al estudio de O'Connor, O'Dea y Melton (2007), que se utilizó el método cualitativo consensual para desarrollar una taxonomía para el equipo de buzos; la cual fue conformada por 6 categorías (situación del conocimiento, trabajo de equipo, toma de decisiones, comunicación, recursos personales, supervisión y liderazgo) y se presentan también 21 subcategorías a partir de cinco reportes de accidentes fatales y 15 entrevistas de incidencia crítica.

Stave y Törner (2007) realizaron un estudio en el contexto de la industria alimenticia con el objetivo de explorar las precondiciones organizacionales para los accidentes ocupacionales. En este estudio participaron tres subramas de la industria alimenticia: productos de panadería, carnicería y lácteos, las cuales fueron seleccionadas con base a su alta frecuencia de accidentes. Las investigadoras utilizaron como instrumento de exploración la entrevista en profundidad aplicada a operadores y supervisores. Cabe mencionar que son pocos los estudios de corte cualitativo encontrados respecto a la causalidad de los accidentes con lesión en manos.

Mientras que Reinach y Viale (2006) identificaron un rango notable de factores de contribución de accidentes e incidente implicados en las operaciones de control remoto de las locomotoras en todos los niveles del sistema ferroviario. La estructura teórica utilizada en la recopilación y análisis de datos fue adaptada del HFACS desarrollado por Wiegmann y Shappell (2003). Un total de 36 factores de contribución causal fueron identificados entre los seis accidentes/incidentes investigados, cada uno fue asociado con múltiples factores de contribución y para cada evento fueron identificadas las fallas activas y latentes.

En el estudio de Baysari et al. (2008) se revisaron cuarenta reportes de accidentes e incidentes ferroviarios en Australia utilizando la estructura teórica HFACS. Se identificaron los errores asociados con cada factor de contribución. El estudio reveló que aproximadamente la mitad de los incidentes fueron resultado de fallas del equipo, en su mayoría del mantenimiento inadecuado o del programa de monitoreo. En los demás casos, las fallas de atención fueron asociadas con la reducción de la vigilancia y la fatiga física, así como también los actos inseguros más frecuentes. El diseño inadecuado del equipo, fue identificado como una influencia organizacional y una posible contribución a un gran número de accidentes/incidentes, resultantes de la falta de atención.

Besnard y Cacitti (2005) presentan un estudio desarrollado en Francia. La investigación fue realizada en una empresa de acería donde sucedió un accidente que provocó la muerte de un trabajador. El estudio consistió en reconstruir las causas psicológicas del accidente cuyo objetivo fue investigar bajo condiciones de laboratorio, algunos de los factores que provocaron el accidente. Aunque, la investigación se originó en el campo laboral, las causas del error que lo provocaron fueron replicadas mediante un experimento, en el que participaron 20 estudiantes seleccionados de diferentes departamentos de la Universidad de Provence. Los resultados apoyaron la hipótesis de que los errores son más probables, cuando no se inhiben las formas antiguas en las acciones de interacción. La conclusión más importante que realizan los investigadores, se refiere a que durante cambios en los ajustes al trabajo, la falibilidad de la cognición humana cuenta para algunos de los errores ejecutados.

Un estudio descriptivo realizado en dos empresas de la construcción fue realizado por Robaina, Ávila y Sevilla (2003). El propósito fue implementar una estrategia de prevención y control de accidentes utilizando como instrumento de investigación un cuestionario que fue aplicado de manera anónima antes y después de la implementación de la estrategia diseñada. Entre los resultados más relevantes se menciona que los trabajadores se mostraron más protegidos del riesgo usando el equipo de protección personal. Más del 75% opinaron que el entrenamiento es importante para la prevención de accidentes.

Un estudio con enfoque metodológico cuantitativo fue realizado por Halim et al. (2008). El objetivo fue investigar la relación entre las características psicosociales y el riesgo de ser lesionado en un accidente ocupacional en el ámbito de los trabajadores que laboraban en la construcción durante el período mayo-junio de 2000. En el estudio se emplearon como instrumentos de investigación el Cuestionario de Personalidad Eynseck (EPQ por sus siglas en inglés), Inventario Breve de Síntomas (BSI), la prueba de Retención Visual Benton y el Inventario Breve de Fatiga (BFI).

En su estudio Joice, Hanna y Chushieri (1998) documentaron la naturaleza e incidencia de los errores quirúrgicos detectados durante la cirugía de laparoscopia, con el propósito de dirigir la investigación futura y el entrenamiento quirúrgico. La categorización fue basada en los Modos de Error Externo (EEMs por sus siglas en inglés) encontrada en la técnica SHERPA; la cual muestra las diferentes formas en las que la ejecución de la tarea puede ser realizada erróneamente.

A continuación se presentan los estudios que han identificado los errores humanos que contribuyen a los defectos o fallas en procesos o productos en el contexto de la industria de manufactura en el ámbito de la producción y en el ámbito de la calidad.

**Tabla 2. Algunos estudios realizados en el ámbito de la producción y la calidad**

Ámbito	Enfoque metodológico	Enfoque de estudio del error humano	Fuente
Producción	Cuantitativo	Ingeniería	Fan-Jang (2000)
	Cuantitativo	Ingeniería	Kumar, Kumar & Kumar (2007)
	Cuantitativo	Ingeniería	Myszewski (2010)
	Cuantitativo	Ingeniería	Miralles et al. (2011)
	Cuantitativo	Ingeniería	Rigolin & Quartucci (2013)
Calidad	Cuantitativo	Ingeniería	Sylla & Drury (1995)
	Cuantitativo	Ingeniería	Paun et al. (2011)
	Cuantitativo	Ingeniería	Le et al. (2012),

El trabajo de Fan-Jang et al. (2000) se realizó en el área de ensamble de misiles. Con el fin de garantizar la seguridad de los operadores y actualizar la calidad y confiabilidad del producto que en este estudio es un dispositivo iniciador de un misil, se aplicó el método de análisis crítico del error humano (HECA por sus siglas en inglés) para identificar las tareas humanas críticas, modos críticos del error humano y la información de confiabilidad humana

de las tareas de montaje del dispositivo iniciador. También, para asegurar la seguridad humana y aumentar la calidad y confianza del dispositivo iniciador del misil, el Procedimiento de Montaje Estándar (SAP) por sus siglas en inglés, evaluará desde el punto de vista de un método de análisis de confiabilidad humana para determinar los problemas críticos potenciales en el proceso de ensamble del producto. El SAP proporciona un análisis de tareas de la tarea de montaje la cual puede ser dividida en 14 sub-tareas. Este procedimiento guía a los trabajadores en cómo realizar estas tareas desde la materia prima hasta el producto final.

El siguiente estudio fue realizado en la India por Kumar, Kumar y Kumar (2007). Tiene como objetivo permitir a los analistas, gerentes, profesionales e ingenieros analizar el comportamiento de falla del sistema; haciendo uso de la metodología difusa. Se utiliza como ejemplo un caso industrial de una fábrica de papel. La metodología difusa en sistema de ingeniería de fallo ayuda al sistema a: analizar el comportamiento del fracaso de los sistemas de la industria de una forma más realista, ya que a menudo se hacen uso de juicios subjetivos. Modelar y prevenir el comportamiento de los sistemas industriales en una manera más consistente. Planificar las prácticas y estrategias de mantenimiento adecuadas para mejorar el rendimiento del sistema.

Myszewski (2010) describe el desarrollo de un modelo probabilístico del error humano. En los procesos industriales, las causas especiales de errores están estrechamente relacionados con la asignación de inadecuada cantidades de tiempo para llevar a cabo correctamente las operaciones. Menciona en su trabajo que existen tres clases generales de mecanismos del error humano: los mecanismos generados por factores demasiado pequeños para ser controlados, que representa el fondo sistémico e inherente; las causas comunes están relacionadas con los humanos. Esto es parte del riesgo que puede reducirse mediante la introducción de mejoras esenciales de medio ambiente de trabajo y mejorando las habilidades y la motivación del operador. La segunda clase son los mecanismos especiales generados por factores que están representados por la curva de la bañera y se caracterizan por la presencia de seres humanos en el proceso de fabricación. Esto debe tomarse en consideración al planificar los horarios de trabajo diarios; de lo contrario se debería considerar una reingeniería.

Por último, están los mecanismos especiales generados por factores relacionados con el sistema que representan los procesos de dominar nuevas operaciones y la acumulación de tareas. Estos mecanismos están asociados con situaciones que relacionadas con planificación de la producción; por ejemplo cambio de lote de producción el sistema. Myszewski (2010) concluye que motivando al operador para evitar errores no impide los errores.

Miralles et al. (2011) presentan en su estudio un caso que demuestra el uso de Poka-Yoke en un centro de trabajo protegido para personas con alguna discapacidad. Remarca la forma en la que son útiles para mejorar la accesibilidad para trabajar, esto mediante el cumplimiento de los principios de diseño universal. El artículo se enfoca en el beneficio del uso de las herramientas de la manufactura esbelta hacia las personas con discapacidad.

Rigolin y Quartucci (2013) proporcionan un enfoque de mejora de procesos de la estructuración y ejecución del proceso de ingeniería de requisitos (RE por sus siglas en inglés). Estudian la posible correlación entre errores humanos y los problemas que pueden surgir en el proceso de la ingeniería de requisitos (RE). Algunos problemas durante las actividades del proceso de ingeniería de requisitos (RE), como los planes imprecisos, la pérdida de información y la información registrada en ambigua o información incompleta

puede llevar proyectos al fracaso, retraso, entrega de productos con calidad deficiente y desbordar presupuestos postulados. Las teorías de error humano (HET por sus siglas en inglés) pueden ayudar a la comprensión de los problemas en el proceso y a la adopción de controles y métodos para su prevención y detección. El proceso estándar de RE se describe con cuatro pasos: a) Obtención de requisitos, b) Análisis y negociación de requisitos, c) Especificación de requerimientos y d) Validación de requisitos.

Por su parte Sylla y Drury (1995) lamentan que el error humano de inspección es otra dificultad en la inspección industrial. Dos tipos de errores son posibles. Uno es el error Tipo 1, en el cual un artículo bueno es clasificado como defectuoso; el otro es el error Tipo 2, en el cual un artículo defectuoso es pasado como bueno. En su estudio muestran cómo se puede utilizar el conocimiento de los errores para diseñar los planes de compensación de muestreo de aceptación para las tareas de control de calidad industrial, con ayuda de un modelo propuesto.

Paun et al. (2011) presenta una investigación teórica sobre la prevención de los errores que intervienen en el flujo de la fabricación de productos por medio de técnicas de Poka Yoke. Estas técnicas son destinadas a prevenir las fallas, lo que representa un concepto de gestión de la calidad. Los autores utilizaron la metodología llamada Ingeniería integradora, la cual es la metodología que permite realizar un diseño integrado de productos y procesos de producción o de mantenimiento asociados. Su objetivo es eliminar todos los errores, independientemente de su tipo; es decir, la obtención de un producto con cero fallos, de alta calidad a precios pequeños.

En opinión de Le et al. (2012), el error humano es una de las razones más importantes de los defectos de calidad en los sistemas de fabricación porque del 70% al 90% de los defectos de calidad en los sistemas de producción son directa o indirectamente debido a los errores humanos. El estudio tiene el propósito de demostrar y proporcionar un nuevo método que brinde una base teórica y una guía práctica para la evaluación y control de los defectos de calidad inducidos por el error humano. El nuevo método de análisis de la calidad del accidente debido a errores humanos en la línea de montaje del motor se obtuvo a través de una combinación de CREAM (Cognitive Reliability Analysis Method) y el análisis del árbol de fallas.

El método CREAM tradicional fue mejorado con el fin de adaptarse para detectar las causas profundas de los incidentes de calidad en la línea de montaje de motores; asimismo el análisis de fallos árbol fue aplicado para evaluar la importancia relativa de las causas fundamentales. Este método se aplicó en un caso de estudio para analizar el accidente, y el resultado mostró que entre una serie de causas fundamentales, como la operación impaciente, capacitación inadecuada, mala conciencia de la seguridad, escapatorias reguladoras y la calidad eran las cuatro primeras causas que provocan errores humanos en la calidad de montaje de motor. Los resultados proporcionan una base teórica y una guía práctica para el análisis de la calidad de accidentes debido a errores humanos en la línea de producción de motores.

Por su parte Martínez (2012) considera que en todas las organizaciones interviene el ser humano y los auditores deben de ser conscientes que los humanos son propensos a equivocarse. Los errores humanos pueden ser vistos de dos formas: del enfoque personal y el enfoque sistémico. El enfoque personal se centra en el error individual; y el enfoque sistémico reconoce que la variabilidad humana es un aspecto que se debe de contener para evitar errores. También considera en su estudio que los auditores internos de la Norma ISO, orientados a la mejora de los procesos, deben evaluar no sólo si se cumple con los

requerimientos sino también la robustez del proceso. Así será posible agregar valor a la auditoría, identificando las condiciones latentes que pueden provocar fallas. En este sentido, propone el Modelo del Queso Suizo de Reason (1990) para concentrar al auditor en las condiciones latentes y las defensas de los procesos.

## 5. Conclusiones

El propósito de esta revisión se cumple ya que se presentan dos listados de estudios realizados en el área del error humano, uno en el ámbito de la ingeniería de seguridad en la industria y en empresas de servicios; y otra en el ámbito de la industria de manufactura. En este último listado se clasificaron los estudios encontrados por área de producción y por área de la calidad. Los enfoques metodológicos que se abordan en estos estudios han sido de tipo cuantitativo, cualitativo y mixto. Además los enfoques en los estudios de los errores humanos fueron principalmente el de ergonomía cognitiva para los estudios del ámbito de ingeniería de seguridad, y el enfoque ingenieril para el ámbito de confiabilidad en los sistemas de manufactura.

## 6. Referencias

- Arquer, M.I., & Nogareda, C. (1994). *NTP 360: Fiabilidad humana: Conceptos básicos*. Obtenido el 12 de febrero de 2014, de Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_360.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_360.pdf)
- Baysari, T. M., McIntosh, S. A. & Wilson, J. R. (2008). Understanding the human factors contribution to railway accidents in Australia. *Accidents Analysis and Prevention*, 40, 1750-1757.
- Baker, P. D. & Krokos, J. K. (2007). Development and Validation of Aviation Causal Contributors for Error Reporting System (ACCERS). *Human Factors*, 49(2), 185-199.
- Besnard, D. & Caccitti, L. (2005). Interface Changes Causing Accidents. An empirical Study of negative transfer. *International Journal of Human Computer Studies*, 62,105-125.
- Cañas, J. & Waerns, Y. (2001). *Ergonomía cognitiva aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información*. España: Editorial médica panamericana.
- Fan-Jang, Y., Sheue-Ling, H., Yu-Hao, H. & Jinn-Sing, L. (2000). Application of human error criticality analysis for improving the initiator assembly process. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26, 87-99.
- Halim, I., Kürsat, O., Levent, Ö., Oktay, T., Rain, D. & Oktay, Y. (2008). Examination of Personal Factors in Work Accidents. *Indoor and Built Environment*, 17(6), 562-566.
- Heo, G. & Park J. (2010). A framework for evaluating the effects of maintenance-related human errors in nuclear power plants. *Reliability Engineering and System Safety*, 95, 797- 805.
- Joice, P. G., Hanna. & Chusieri, A. (1998). Errors enacted during endoscopic surgery- a human reliability analysis. *Applied Ergonomics*, 29, 6, 409-414.

- Kumar, R., Kumar, D. & Kumar, P. (2007). FM- a pragmatic tool to model, analyse and predict complex behavior of industrial systems. *Engineering Computations*, 24 (4), 319 - 346.
- Le Yang, Qiang Su & Liangfa Shen. (2012). A novel method of analyzing quality defects due to human errors in engine assembly line, *Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering (ICIII), 2012 International Conference on*, vol.3.
- Martínez, A. (2012). Gestión sistémica del error: El enfoque del queso suizo en las auditorías. *Innotec Gestión*, 4, 13-21.
- Miralles, C., Holt. R., Marin-Garcia. J. & Canos-Daros, L. (2011). Universal design of workplaces through the use of Poka-Yokes: Case study and implications. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 4 (3), 436-452.
- Norman, D.A. (1988). *The psychology of everyday things*. New York: Basic books.
- O'Connor, P., O'Dea, A. & Melton. (2007). A Methodology for Identifying Human Error in U.S. Navy Diving Accidents. *Human Factors*, 49(2), 214-226.
- Paun, A., Sergiu, D., Vladut, V. & Gageanu, P. (2011). Reducing the time consuming "coming back" in manufacturing process by using the anti-error systems. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara. International Journal of Engineering, Tomo IX (3)*, 319-322.
- Reinach, S. & Viale, A. (2006). Application of the human error framework to conduct train accident/incident investigations. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 396-406.
- Reason, J.T. (1990). *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reyes, R. M. (2011). Desarrollo de una taxonomía de la causalidad del error humano para accidentes con lesión en manos en la industria arnesera. Tesis doctoral. Universidad de Guadalajara, México.
- Reyes-Martínez, R.M., Maldonado-Macías, A. A., De la O, R. & De la Riva-Rodríguez, J. (2014). Theoretical approach for human factors identification and classification system in accidents causality in manufacturing environment. En J. L. García-Alcaraz, A. A. Maldonado-Macías & G. Cortés-Robles (Eds.), *Lean manufacturing in the developing world. Methodology, case studies and trends from Latin America* (pp. 385-404). Switzerland: Springer.
- Rigolin, M. & Quartucci, C. (2013). Application of human error theories for the process improvement of requirements engineering. *Information Sciences*, 250, 142-161.
- Robaina, A., Ávila, R. & Sevilla, M. (2003). Cuestionario de percepción de Accidentes de Trabajo. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 4, 13-16.
- Shappell, S., Detwiler, C., Holcomb, K., Hackworth, C., Boquet, A. & Wiegmann, D. A. (2007). Human error and commercial aviation accidents: an analysis using the human factors analysis and classification system. *Human Factors*. 43(2), 227-242.

- Stave, C. & Törner, .M. (2007). Exploring the organisational preconditions for occupational accidents in food industry: A qualitative approach. *Safety Science*, 45: 355–371.
- Sylla, C. & C. Drury. (1995). Signal detection for human error correction in quality control. *Computers in Industry*, 26, 147-159.
- Weller, S.C. & Romney, A. K. (1988). *Systematic Data Collection*. Newbury Park, Beverly Hills, London, New Delhi: Sage.
- Wiegmann, D. A. & Shappell, S. A. (2003). Assessing the reliability of the human factors analysis and classification system (HFACS). *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 72, 1006–1016.

