

ANÁLISIS DEL ERROR HUMANO Y LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA DE DISPOSITIVOS MÉDICOS. ESTUDIO DE CASO

ANALYSIS OF HUMAN ERROR AND PRODUCT QUALITY IN THE MEDICAL DEVICE MANUFACTURING INDUSTRY. CASE STUDY

Teresa Carrillo-Gutiérrez

Doctora en Ciencias en Ingeniería Industrial, Profesora Investigadora. Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería.
Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana. Baja California, (México).
E-mail: tcarrillo@uabc.edu.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9674-3586>

Rosa María Reyes-Martínez

Doctora en Ciencias de la Salud en el Trabajo, Profesora Investigadora. División de Estudios de Posgrado e Investigación.
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, (México).
E-mail: rosyreyes2001@yahoo.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4950-5045>

Karina Cecilia Arredondo-Soto

Doctora en Ciencias en Ingeniería Industrial, Profesora Investigadora. Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería.
Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana. Baja California, (México).
E-mail: karina.arredondo@uabc.edu.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8929-7319>

Maria Marcela Solis-Quinteros

Doctora en Ciencias Administrativas, Profesora Investigadora
Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana. Baja California, (México).
E-mail: marcela.solis@uabc.edu.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0567-0092>

Recepción: 03/10/2020 **Aceptación:** 14/01/2021 **Publicación:** 15/03/2021

Citación sugerida:

Carrillo-Gutiérrez, T., Reyes-Martínez, R. M., Arredondo-Soto, K. C., y Solis-Quinteros, M. M. (2021). Análisis del error humano y la calidad del producto en la industria de manufactura de dispositivos médicos. Estudio de caso. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 10(1), 73-91. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n1e37.73-91>

RESUMEN

El objetivo del estudio de caso es desarrollar una taxonomía de los factores humanos que influyen en los errores humanos y fallas que provocan defectos en la calidad del producto en la industria de manufactura de dispositivos médicos de la ciudad de Tijuana, Baja California, México.

La metodología es cualitativa-cuantitativa y se fundamenta en la Teoría del Consenso Cultural de la Antropología Cognitiva. La investigación tiene cuatro etapas secuenciales con un enfoque de métodos mixtos para la recopilación y análisis de datos. La etapa I consiste en un estudio contextual de la industria de manufactura a 67 empresas.

En la etapa II participaron cinco empresas y se usó el enfoque cualitativo con el instrumento de investigación llamado listados libres. En la etapa III, la técnica de sorteo por montones sucesivos se aplicó en la recopilación de datos para la clasificación de los elementos del Dominio Cultural. En ambas etapas participaron entrevistados de altos y medianos mandos de las empresas.

En la etapa IV se realizó una evaluación de los conocimientos de los operadores multifuncionales; el instrumento de investigación fue una encuesta con escalas de calificación diseñada a partir de los elementos del dominio cultural descritos en la etapa III. La validez interna de la encuesta y la confiabilidad de los participantes fueron estimadas con el coeficiente Alfa de Cronbach.

El resultado principal fue una taxonomía integrada por cinco categorías: factores técnicos, factores organizacionales internos, factores organizacionales indirectos, factores personales, factores humanos directos. Aun cuando la taxonomía no ha sido validada, se visualizan aportaciones de naturaleza práctica.

PALABRAS CLAVE

Confiabilidad humana, Error humano, Teoría del Consenso Cultural, Calidad del producto.

ABSTRACT

The objective of the case study is to develop a taxonomy of the human factors that influence human errors and failures that cause defects in product quality in the medical device manufacturing industry in the city of Tijuana, Baja California, Mexico.

The methodology is qualitative-quantitative and is based on the Cultural Consensus Theory of Cognitive Anthropology. The research has four sequential stages with a mixed method approach to data collection and analysis. Stage I consists of a manufacturing industry contextual survey of 67 companies.

In stage II, five companies participated and the qualitative approach was used with the research instrument called free listings. In stage III, the technique of drawing lots by successive piles was applied in the data collection for the classification of the elements of the Cultural Domain. Interviewees from top and middle management of the companies participated in both stages.

In stage IV, an assessment of the knowledge of the multifunctional operators was carried out; the research instrument was a survey with rating scales designed based on the elements of the cultural domain described in stage III. The internal validity of the survey and the reliability of the participants were estimated with Cronbach's Alpha coefficient.

The main result was a taxonomy composed of five categories: technical factors, internal organizational factors, indirect organizational factors, personal factors and direct human factors. Even though the taxonomy has not yet been validated, it has made contributions of a practical nature.

KEYWORDS

Human reliability, Human error, Cultural Consensus Theory, Product quality.

1. INTRODUCCIÓN

Los errores humanos son reconocidos como un problema con consecuencias negativas en la vida de las personas y las organizaciones. Es necesaria su prevención para la reducción de costos y la mejora en la calidad de los procesos organizacionales. Sin embargo, son necesarios estudios con un análisis detallado de las circunstancias de los errores humanos para diseñar políticas, programas y procedimientos que contribuyan a su prevención.

Dada la importancia que presenta la identificación y clasificación del error humano y las causas que lo producen en el planteamiento de estrategias de prevención eficaz, surgió el interés por realizar una investigación. El objetivo del estudio es desarrollar una taxonomía de los factores humanos que influyen en los errores humanos y fallas que provocan defectos en la calidad del producto, a partir de los dominios culturales que poseen los actores de la calidad en la industria de manufactura de dispositivos médicos de la ciudad de Tijuana, Baja California, México.

La industria de manufactura llamada industria maquiladora, ha llegado a ser un elemento característico de la región de la frontera norte de México debido a los cambios acelerados que su presencia ha producido en términos de crecimiento de la población, industrias filiales o proveedoras, comercio y servicios (Douglas y Hansen, 2003).

2. METODOLOGÍA

En el trabajo de investigación se analizaron y discutieron los fundamentos teóricos y las tendencias actuales sobre el estudio e investigaciones referentes a la Confiabilidad Humana, Calidad y la Teoría del Consenso Cultural.

El desarrollo de la taxonomía se realizó en cuatro etapas, que se describen en la tabla 1. Se hace énfasis en el enfoque de investigación, el propósito y tipo de estudio realizado. La metodología científica utilizada se ubica en la antropología cognitiva, mediante la aplicación de la Teoría Informal del Consenso Cultural

(Anders, Oravecz y Batchelder, 2014; Collins y Dressler, 2008; Caulking, 2004, Romney, Batchelder y Weller, 1987; Weller, 2007; Romney, 1999).

Las técnicas de recopilación de datos utilizadas en las cuatro etapas que conforman esta investigación son métodos de análisis del dominio cultural, descritos por Righi et al. (2013), Weller y Romney (1988) y Ross (2004) llamados listados libres, sorteo por montones y escalas de calificación. Estas técnicas fueron aplicadas de manera secuencial, de tal manera que el resultado de cada paso alimenta la recopilación de los datos de la siguiente etapa. El enfoque metodológico corresponde al de métodos cualitativo-cuantitativo, es decir, métodos mixtos.

Con respecto a la delimitación espacio temporal, se abarcó el complejo de manufactura integrado por sesenta y siete plantas para la etapa I de la metodología. Se incluyeron los sectores de manufactura de dispositivos médicos, electrónica, aeroespacial, automotriz, plásticos, muebles, metal-mecánica y de alimentos.

Asimismo, para las otras tres etapas del estudio se aplicó la metodología a una planta de manufactura de dispositivos médicos, ubicadas todas las empresas en Tijuana, Baja California, México; por lo tanto, los resultados obtenidos sólo serán aplicables a dichas empresas.

Tabla 1. Descripción y explicación de las etapas del estudio.

ETAPAS	Procedimiento recopilación datos y tamaño de muestra	Enfoque y tipo de diseño	Procedimiento de análisis de datos	Propósito de la etapa	Relación con la etapa anterior
1	Encuesta N = 67	Cuantitativo Transversal con análisis descriptivo	Análisis descriptivo	Estudio contextual para identificar las metodologías de análisis y evaluación de la calidad	No aplica

2	Listados libres/ generar elementos relevantes N = 23	Cualitativo Transversal con niveles de descripción	Tabulación de los elementos compilados y codificados por el grupo de seguridad	Identificación de los elementos que forman el dominio del conocimiento	Utilizar en la técnica de listados libres, los elementos relevantes obtenidos en la etapa I
3	Sorteo por montones/clasificar los elementos N = 21	Cualitativo y Cuantitativo Transversal con análisis correlacional	1. Análisis Clúster. 2. Escalamiento. 3. Análisis del Consenso Cultural.	Desarrollar las categorías mutuamente excluyentes y de alto nivel	Utilizar en la técnica de sorteo por montones, los elementos relevantes obtenidos en la etapa II
4	Encuesta con escalas de calificación N = 36	Cuantitativo Transversal con análisis correlacional	1. Análisis descriptivo. 2. Análisis de confiabilidad de la encuesta. 3. Análisis de confiabilidad de los encuestados.	1. Cuantificar los conocimientos de los operadores multifuncionales. 2. Comparar los conocimientos del grupo de seguridad con los de los operadores multifuncionales.	Utilizar las categorías en el diseño de una encuesta con escalas de calificación

Fuente: elaboración propia.

3. RESULTADOS

Con la mejora significativa de la confiabilidad y la estabilidad de las instalaciones y equipos, el error humano se ha convertido en uno de los factores más críticos para los defectos de calidad. Según la literatura, alrededor del 70% al 90% de los defectos de calidad en los sistemas de producción son directa o indirectamente debido a los errores humanos (Le, Qiang, y Liangfa, 2012). Los errores humanos generalmente han sido reconocidos como actos inseguros realizados por los operadores o los tomadores de decisiones (Liu, Hwang y Liu, 2009).

Algunos estudios han identificado los errores humanos que contribuyen a los defectos o fallas en procesos o productos tales como en Producción y Calidad (Qeshmy *et al.*, 2019; Neumann, Kolus y Wellss, 2016; Layer, Karwowski y Furr, 2009; Lin, Drury y Kim, 2001; Bubb, 2005; Sylla y Drury, 1995; Le *et al.*, 2012; Haug, Zachariassen y van Liempd, 2011; Wang, 2013).

También sobresalen otros estudios en la industria de la manufactura con enfoque de Confiabilidad (Torres, Nadeau y Landau, 2019; Muxfeldt y Steil, 2018; Refflinghaus y Kern, 2018; Salas-Arias *et al.*, 2018; Lopes y Forster, 2013; Power y Fox, 2014; Ruiz-Moreno y Trujillo, 2012; Brito *et al.*, 2011; Myszewski, 2010; Paun *et al.*, 2011; Boring, Griffith y Joe, 2007; Taylor-Adams y Kirwan, 1997; Baber y Stanton, 1996; Razak, Kamaruddin y Azid, 2008; Ruckart y Burgess, 2007; Drury, 2002; Drury y Watson, 1999; Fujita y Hollnagel 2004) y, la industria militar (Yu *et al.*, 2000; Wang y Zhao, 2010).

La identificación y clasificación del error humano se realiza mediante el uso de taxonomías. Las taxonomías han sido ampliamente utilizadas en la ciencia. El campo del estudio del error humano no ha sido la excepción. Una taxonomía es un requisito fundamental para la creación de la ciencia empírica, cuando se desea una profunda comprensión de la naturaleza, de los orígenes y las causas del error humano. Por lo tanto, es necesario contar con un sistema de clasificación inequívoca para describir el fenómeno, objeto de estudio (Moray y Senders, 1991).

El Sistema de Análisis y Clasificación de Factores Humanos (HFACS por sus siglas en inglés) ha sido considerado por importantes investigadores como el sistema con la mejor taxonomía que fue desarrollada en la aviación militar para el análisis de accidentes de trabajo y está siendo utilizada con éxito en los sistemas de alto riesgo (Baker y Krokos, 2007; Beaubien y Baker, 2002).

En este panorama se visualiza la necesidad de generar datos empíricos y desarrollar taxonomías que permitan a los actores de la investigación y análisis, identificar y clasificar la causalidad de los errores humanos y su efecto en la calidad del producto, con un enfoque al error humano a partir de los factores humanos.

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 con un enfoque metodológico cuantitativo.

Tabla 2. Algunos estudios realizados en el ámbito de la producción y la calidad con enfoque de investigación cuantitativo.

ÁMBITO	ENFOQUE METODOLÓGICO	ENFOQUE DE ESTUDIO DEL ERROR HUMANO	FUENTE
Producción	Cuantitativo	Ingeniería	Yu <i>et al.</i> (2000)
	Cuantitativo	Ingeniería	Kumar, Kumar y Kumar (2007)
	Cuantitativo	Ingeniería	Myszewski (2010)
	Cuantitativo	Ingeniería	Miralles <i>et al.</i> (2011)
	Cuantitativo	Ingeniería	Salas-Arias <i>et al.</i> (2018)
	Cuantitativo	Ingeniería	Lopes y Forster (2013)
Calidad	Cuantitativo	Ingeniería	Sylla y Drury (1995)
	Cuantitativo	Ingeniería	Paun <i>et al.</i> (2011)
	Cuantitativo	Ingeniería	Le, Qiang y Liangfa (2012)
	Cuantitativo	Ingeniería	Martínez (2012)
	Cuantitativo	Ingeniería	Murguía, del Pino y Villa (2013)

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presentan en la Tabla 3, 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 con un enfoque metodológico mixto.

Tabla 3. Algunos estudios realizados en el ámbito de la producción y la calidad con enfoque de investigación mixto.

ÁMBITO	ENFOQUE METODOLÓGICO	ENFOQUE DE ESTUDIO DEL ERROR HUMANO	FUENTE
Producción	Cualitativo-cuantitativo	Ergonomía cognitiva	Brito <i>et al.</i> (2011)
	Cualitativo-cuantitativo	Ergonomía cognitiva	Qeshmy <i>et al.</i> (2019)
	Cualitativo-cuantitativo	Ergonomía cognitiva	Báez <i>et al.</i> (2013)
Calidad	Cualitativo-cuantitativo	Ingeniería	Power y Fox (2014)
	Cualitativo-cuantitativo	Enfoque de sistemas	Bubb (2005)

Fuente: elaboración propia.

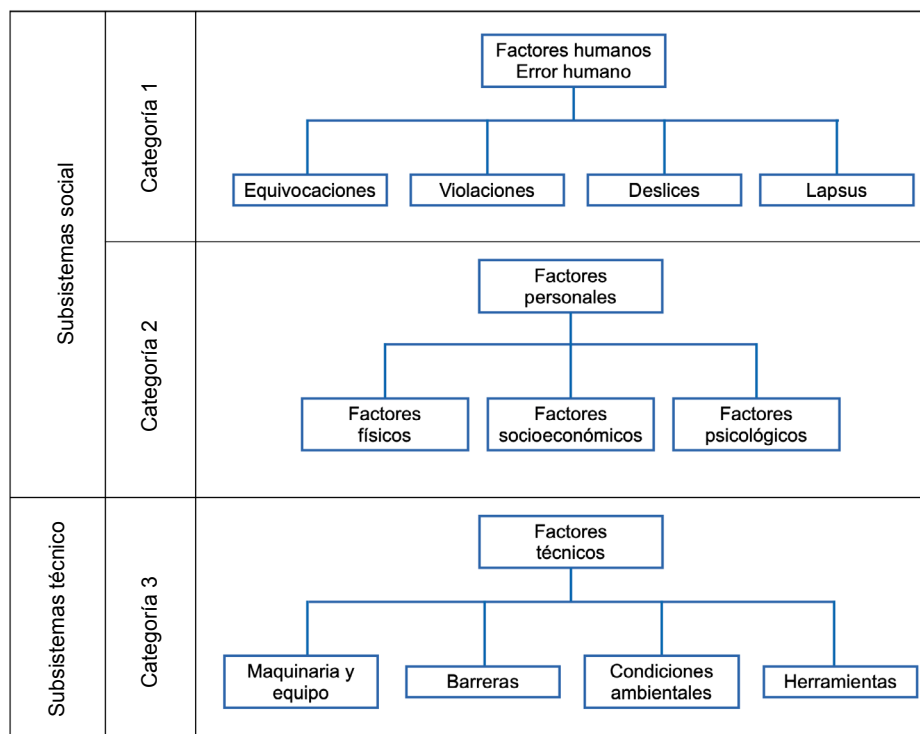
En la Tabla 4 se presentan los estudios que han identificado los errores humanos que contribuyen a los defectos o fallas en procesos o productos en el contexto de la industria de manufactura en el ámbito de la producción y en el ámbito de la calidad con un enfoque metodológico cualitativo.

Tabla 4. Algunos estudios realizados en el ámbito de la producción y la calidad con enfoque de investigación cualitativo.

ÁMBITO	ENFOQUE METODOLÓGICO	ENFOQUE DE ESTUDIO DEL ERROR HUMANO	FUENTE
Calidad	Cualitativo	Ergonomía Cognitiva	Collazo (2008)
	Cualitativo	Ergonomía	Sharma (2012)

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 1, se presenta la estructura de la taxonomía desarrollada en la presente investigación.



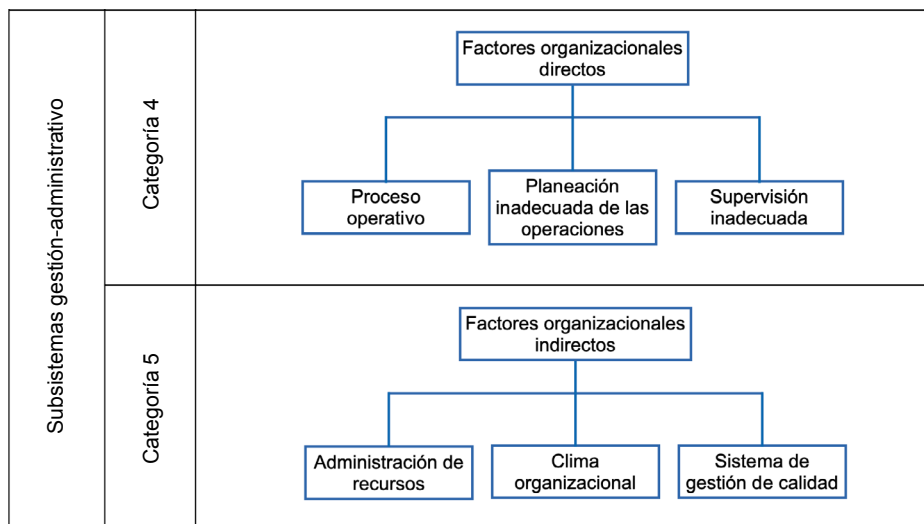


Figura 1. Estructura de la Taxonomía propuesta.

Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación fue desarrollar una taxonomía para ser utilizada por los grupos de producción y calidad, para identificar y clasificar las causas de los errores humanos que afectan la calidad del producto. La taxonomía es congruente con el modelo dominante para el estudio de las causas raíz de los accidentes, “Queso Suizo” de Reason (1990). La estructura teórica de la taxonomía coincide con este modelo de la siguiente manera: la categoría de factores humanos directos que describe el error humano corresponde a las fallas activas; las de factores personales, factores organizacionales directos, factores organizacionales indirectos y factores técnicos corresponden a las fallas latentes.

Se encuentran coincidencias, con las categorías mutuamente excluyentes y de alto nivel, con las desarrolladas para el Sistema de Clasificación de Factores Humanos, aplicado por Shapell *et al.* (2007) para la industria de la aviación, específicamente, en la categoría de factores humanos directos, que describe el

error humano a partir de la taxonomía de Reason, fundamentada en el modelo Skill-Rule-Knowledge de Rasmussen (1981). Las categorías de factores personales y factores técnicos son equivalentes a la de precondiciones para actos inseguros de HFACS; mientras que las categorías de factores organizacionales corresponden a la de influencias organizacionales de HFACS.

Es importante mencionar que las categorías de factores humanos directos, factores personales, factores técnicos y factores organizacionales directos e indirectos fueron generados a partir del conocimiento de los miembros del grupo de producción y de calidad, integrados en su mayoría por supervisores con estudios de ingeniería, en la etapa III de la investigación.

Las cinco categorías constituyen la estructura general de la taxonomía, mismas que fueron identificadas a partir de los datos recopilados entre los miembros del grupo de producción y calidad y de los operadores multifuncionales. Por consiguiente, las categorías y factores que las integran reflejan el conocimiento que los participantes poseen respecto al error humano y sus causas en los fallos y defectos en la calidad del producto.

La taxonomía propuesta en esta investigación presenta coincidencia con el modelo de factores de conformación del rendimiento de Bubb (2005). El modelo presenta en dos grandes grupos los factores que influyen en la interacción del hombre y la máquina: los factores externos y los factores internos de conformación del rendimiento. Los factores externos del modelo de Bubb se dividen en prerrequisitos organizacionales, como la estructura y la dinámica organizacional, y en los prerrequisitos técnicos. En la taxonomía propuesta corresponden a los factores organizacionales externos e internos y a los factores técnicos. Asimismo, los factores internos de conformación del rendimiento conformados por las categorías de capacidades y preparación son equivalentes a los factores personales y factores humanos directos.

Las correspondencias de la taxonomía propuesta con HFACS y el modelo de factores de conformación del rendimiento de Bubb (2005) se presentan en la estructura general, pero difieren con los factores causales

(elementos taxonómicos). En HFACS describe la causalidad para los accidentes organizacionales en los sistemas de alto riesgo. El modelo de Bubb se acerca más a la taxonomía propuesta ya fue realizado en el contexto de la industria de manufactura de dispositivos electrónicos; mientras que en la taxonomía propuesta los factores describen las causas de los defectos en la calidad del producto específicamente en la industria de dispositivos médicos.

La taxonomía se integra por cinco categorías mutuamente excluyentes y de alto nivel, las cuales son factores humanos (error humano), factores personales, factores técnicos, factores organizacionales directos y factores organizacionales indirectos. Cada una de ellas presenta subcategorías, en el caso del error humano se encuentran deslices, lapsus, violaciones y equivocaciones, que corresponden precisamente a los tipos de error humano. En cuanto a factores personales son factores físicos, factores psicológicos y factores socioeconómicos.

5. AGRADECIMIENTOS

El más profundo agradecimiento, respeto y admiración a la Dra. Rosa María Reyes Martínez por su guía, motivación y comentarios en la elaboración de este trabajo de investigación; así como por su disponibilidad para compartir su conocimiento y experiencia en el terreno académico. Asimismo, por brindarme en todo momento su gran calidad humana y de servicio.

A los profesionistas y trabajadores de la industria que participaron directa e indirectamente en esta investigación por compartir sus experiencias en el campo profesional e industrial y por ceder un espacio de su tiempo, especialmente al Ing. Miguel Ángel Félix Díaz Alonso, Ing. Elvia Hinojosa, Ing. Blanca Azucena Juárez Figueroa, Ing. Eduardo Venegas Contreras, al Ing. Ángel Francisco Medina Solorio e Ing. Pablo Andrés Ruelas Juárez; ya que sin su valiosa ayuda no hubiera sido posible realizar la investigación de campo en la industria.

Con respeto y gratitud a las autoridades de la Universidad Autónoma de Baja California, especialmente al Dr. Luis Enrique Palafox Maestre y al Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anders, R., Oravecz, Z., y Batchelder, W. H.** (2014). Cultural consensus theory for continuous responses: A latent appraisal model for information pooling. *Journal of Mathematical Psychology*, 61, 1-13. <https://pennstate.pure.elsevier.com/en/publications/cultural-consensus-theory-for-continuous-responses-a-latent-appra>
- Baber, C., y Stanton, N. A.** (1996). Human error identification techniques applied to public technology: predictions compared with observed use. *Applied ergonomics*, 27(2), 119-131. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(95\)00067-4](https://doi.org/10.1016/0003-6870(95)00067-4)
- Báez, Y. A., Rodríguez, M. A., De la Vega, E. J., y Tlapa, D. A.** (2013). Factores que influyen en el error humano de los trabajadores en líneas de montaje manual. *Información tecnológica*, 24(6), 67-78. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-07642013000600010&lng=pt&nrm=iso
- Baker, P. D., y Krokos, J. K.** (2007). Development and Validation of Aviation Causal Contributors for Error Reporting System (ACCERS). *Human Factors*, 49(2), 185-199. <https://doi.org/10.1518/001872007X312432>
- Boster, J. S.** (1986). Exchange of varieties and information between Aquaruna manioc cultivators. *American Anthropologist*, 88, 428-436. <https://doi.org/10.1525/aa.1986.88.2.02a00100>

- Brito, S., Hernández, A., Montero, R., Casares, R., y Martínez, R.** (2011). El estudio del error humano en la industria biofarmacéutica. *Ação Ergonômica*, 6, 31. https://www.researchgate.net/publication/272179826_EL_ESTUDIO_DEL_ERROR_HUMANO_EN_LA_INDUSTRIA_BIOFARMACEUTICA
- Bubb, H.** (2005). Human Reliability: A key to improved quality in manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 15(4), 353-368. <https://doi.org/10.1002/hfm.20032>
- Caulkins, D. D.** (2004). Identifying culture as a threshold of shared knowledge: A consensus analysis method. *International Journal of Cross Cultural Management*, 4(3), 317-333. <https://doi.org/10.1177/1470595804047813>
- Collazo, G.** (2008). *Error Humano: C4c06. Modelo de Determinación de Raíz Causa*.
- Collins, C. C., y Dressler, W. W.** (2008). Cultural consensus and cultural diversity: A mixed methods investigation of human service providers' models of domestic violence. *Journal of Mixed Methods Research*, 2(4), 362-387. <https://doi.org/10.1177/1558689808322766>
- Douglas L., y Hansen T.** (2003). Los orígenes de la industria maquiladora en México. *Comercio Exterior*, 53(11). <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/59/7/RCE.pdf>
- Drury, C. G.** (2002). Visual inspection reliability: What we know and why we need to know it. In *16th Human Factors in Aviation Maintenance Symposium*, 4-11.
- Drury, C. G., y Watson, J.** (1999). *Human factors good practices in fluorescent penetrant inspection*. https://www.researchgate.net/profile/Colin-Drury/publication/267548062_GOOD_PRACTICES_IN_VISUAL_INSPECTION/links/545ce2fc0cf295b5615e60c1/GOOD-PRACTICES-IN-VISUAL-INSPECTION.pdf
- Fujita, Y., y Hollnagel, E.** (2004). Failures without errors: quantification of context in HRA. *Reliability Engineering & System Safety*, 83(2), 145-151. <https://doi.org/10.1016/j.res.2003.09.006>

- Haug, A., Zachariassen, F., y van Liempd, D.** (2011). The costs of poor data quality. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 4(2), 168-193. <http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/232>
- Hawkins, F. H.** (1993). *Human Factors in Flight*. Orlady. HW Aldershot: Ashgate.
- Kumar, R., Kumar, D., y Kumar, P.** (2007). FM- a pragmatic tool to model, analyse and predict complex behavior of industrial systems. *Engineering Computations*, 24(4), 319 - 346. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/02644400710748670/full/html>
- Layer, J. K., Karwowski, W., y Furr, A.** (2009). The effect of cognitive demands and perceived quality of work life on human performance in manufacturing environments. *International journal of industrial ergonomics*, 39(2), 413-421. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.10.015>
- Le, Y., Qiang, S., y Liangfa, S.** (2012). A novel method of analyzing quality defects due to human errors in engine assembly line. In *2012 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, 3, 154-157. <https://doi.org/10.1109/ICIM.2012.6339943>
- Lin, L., Drury C. G., y Kim S. W.** (2001). Ergonomics and Quality in Paced Assembly Lines. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 11(4) 377–382. <https://doi.org/10.1002/hfm.1020>
- Liu, H., Hwang, S. L., y Liu, T. H.** (2009). Economic assessment of human errors in manufacturing environment. *Safety Science*, 47(2), 170-182. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.04.006>
- Lopes, M. E. R. F., y Forster, C. H. Q.** (2013). Application of human error theories for the process improvement of Requirements Engineering. *Information Sciences*, 250, 142-161. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2013.07.010>
- Martínez, A.** (2012). Gestión sistémica del error: El enfoque del queso suizo en las auditorías. *Innotec Gestión*, 4, 13-21. <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC-Gestion/article/view/164>

- Miralles, C., Holt, R., Marin-Garcia, J., y 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. <https://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/420/207>
- Moray, N., y Senders, J. W.** (1991). *Human Error: Cause, Prediction, and Reduction: Analysis and Synthesis*. L. Erlbaum Associates.
- Murguía, R. Á. P., del Pino, E. M. V. G., y Villa, Y. B.** (2013). El análisis de fiabilidad humana en la mejora de procesos. *Prospectiva*, 11(2), 61-67. <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250736008.pdf>
- Muxfeldt, A., y Steil, J.** (2018). Recovering from assembly errors by exploiting human demonstrations. *Procedia CIRP*, 72, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.026>
- Myszewski, J. M.** (2010). Mathematical model of the occurrence of human error in manufacturing processes. *Quality and Reliability Engineering International*, 26, 845–851. <https://doi.org/10.1002/qre.1162>
- Neumann, W. P., Kolus A., y Wellss R. W.** (2016). Human Factors in Production System Design and Quality Performance – A Sistematic Review. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 1721- 1724. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.830>
- Paun, A., Sergiu, D., Vladut, V., y 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.
- Power, C. y Fox, J.** (2014). Comparing the comprehensiveness of three expert inspection methodologies for detecting errors in interactive systems. *Safety Science*, 62, 286-294. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.08.003>

- Qeshmy, D. E., Makdisi, J., da Silva, E. H. D. R., y Angelis, J.** (2019). Managing Human Errors: Augmented Reality systems as a tool in the quality journey. *Procedia Manufacturing*, 28, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.12.005>
- Rasmussen, J., Pedersen, O. M., Mancini, G., Carnino, A., Griffon, M., y Gagnolet, P.** (1981). *Classification system for reporting events involving human malfunctions*. Risø National Laboratory. RisøM, (2240).
- Razak, I. H. A., Kamaruddin, S., y Azid, I. A.** (2008). Development of human reliability model for evaluating maintenance workforce reliability: a case study in electronic packaging industry. In *2008 33rd IEEE/CPMT International Electronics Manufacturing Technology Conference (IEMT)* (pp. 1-7). IEEE.
- Reason, J.** (1990). *Human Error*. Cambridge University Press.
- Reason, J.** (2016). *Managing the risks of organizational accidents*. Routledge.
- Refflinghaus, R., y Kern, C.** (2018). On the track of human errors-Procedure and results of an innovative assembly planning method. *Procedia Manufacturing*, 21, 157-164. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.106>
- Righi, C., James, J., Beasley, M., Day, D. L., Fox, J. E., Gieber, J. Howe, C., y Ruby, L.** (2013). Card sort analysis best practices. *Journal of Usability Studies*, 8(3), 69-89. <https://uxpajournal.org/card-sort-analysis-best-practices-2/>
- Robaina, A., Ávila, R., y Sevilla, M.** (2003). Cuestionario de percepción de Accidentes de Trabajo. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 4, 13-16.
- Romney, A. K.** (1999). 2 *Cultural Consensus as a Statistical Model*. (S1), S93-S115.
- Romney, A. K., Batchelder, W. H., y Weller, S. C.** (1987). Recent applications of cultural consensus theory. *American Behavioral Scientist*, 31(2), 163-177. <https://doi.org/10.1177/000276487031002003>

- Romney, A. K., Weller, S. C., y Batchelder, W. H.** (1986). Culture as consensus: A theory of culture and informant accuracy. *American anthropologist*, 88(2), 313-338. <https://www.jstor.org/stable/677564?seq=1>
- Ross, A. J., Wallace, B, y J. B. Davies A. J.** (2004). Technical note: measurement issues in taxonomic reliability. *Safety Science*, 42,771–778. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2003.10.004>
- Ruckart, P. Z., y Burgess, P. A.** (2007). Human error and time of occurrence in hazardous material events in mining and manufacturing. *Journal of hazardous materials*, 142(3), 747-753. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.06.117>
- Ruiz-Moreno, J. M., y Trujillo, H. M.** (2012). Modelos para la evaluación del error humano en estudios de fiabilidad de sistemas. *Anales de psicología*, 28(3), 963-977. <https://www.redalyc.org/pdf/167/16723774036.pdf>
- Salas-Arias, K. M., Madriz-Quirós, C. E., Sánchez-Brenes, O., Sánchez-Brenes, M., y Hernández-Granados, J. B.** (2018). Factores que influyen en errores humanos en procesos de manufactura moderna. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 22-34. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3494
- Shappell, S., Detwiler, C., Holcomb, K., Hackworth, C., Boquet, A., y 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. <https://doi.org/10.1518/001872007X312469>
- Sharma, R.** (2012). Conceptual framework for improving business performance with lean manufacturing and successful human factors interventions—a case study. *International Journal for Quality Research*, 6(3), 259-270. <http://www.ijqr.net/paper.php?id=103>
- Sylla, C., y Drury, C.** (1995). Signal detection for human error correction in quality control. *Computers in Industry*, 26, 147-159. [https://doi.org/10.1016/0166-3615\(94\)00033-M](https://doi.org/10.1016/0166-3615(94)00033-M)

- Taylor-Adams, S., y Kirwan, B.** (1997). Human reliability data requirements. *Disaster Prevention and Management*, 6(5), 318-335.
- Torres, Y., Nadeau, S., y Landau, K.** (2019). *Application of human errors analysis in manufacturing: a proposed intervention framework and techniques selection*. <https://espace2.etsmtl.ca/id/eprint/18204/1/Nadeau%20S%202019%2018204%20Application%20of%20human%20errors%20analysis.pdf>
- Wang, K. S.** (2013). Towards zero -defect manufacturing (ZDM)- a data mining approach. *Advances in Manufacturing*, 1(1), 62-74. <https://doi.org/10.1007/s40436-013-0010-9>
- Wang, W., y Zhao, T.** (2010). The application of CREAM based on HAZOP analysis in using process of system. In *2010 Proceedings-Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)* (pp. 1-6). IEEE.
- Weller, S. C.** (2007). Cultural consensus theory: Applications and frequently asked questions. *Field methods*, 19(4), 339-368. <https://doi.org/10.1177/1525822X07303502>
- Weller, S.C., y Romney, A. K.** (1988). *Systematic Data Collection*. Sage.
- Yu, F. J., Hwang, S. L., Huang, Y. H., y Lee, J. S.** (2000). Application of human error criticality analysis for improving the initiator assembly process. *International journal of industrial ergonomics*, 26(1), 87-99. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(00\)00004-4](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(00)00004-4)