

Recepción: 20 de octubre de 2015

Aceptación: 01 de marzo de 2016

Publicación: 14 de marzo de 2016

LA INCIDENCIA DEL FACTOR HUMANO EN EL MANTENIMIENTO

THE INCIDENCE OF THE FACTOR HUMAN IN THE MAINTENANCE

Francisco Javier Cárcel Carrasco ¹

1. Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Construcciones arquitectónicas. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Email: fracarc1@csa.upv.es

RESUMEN

El factor humano es intensivo en la actividad de mantenimiento y afecta de una manera especial a la fiabilidad y operativa de la empresa. En este artículo, se realiza una visión básica de la función del mantenimiento, contemplando a continuación el efecto humano en dicha actividad así como diversos documentos y normativas que lo contemplan. Para obtener una medida correcta y conocimiento de la fiabilidad del sistema debe tenerse en cuenta la posible contribución del error humano. Los análisis de diseño de sistemas, de procedimientos e informes posteriores de accidentes, muestran que el error humano puede causar un accidente inmediato o bien puede jugar un importante papel en el desarrollo de sucesos indeseados. Sin la incorporación de las probabilidades del error humano, los resultados son incompletos y a menudo mal valorados.

ABSTRACT

The human factor is intensive in the maintenance activity and affects a special reliability and operations of the company. In this article, is a basic overview of the maintenance function, then contemplating the human effect in such activity as well as various documents and regulations, which support it. To obtain a correct measurement and knowledge of the reliability of the system, the possible contribution of human error must take into account. The design of systems, procedures and subsequent reports of accidents, analysis shows that human error can cause an immediate accident either can play an important role in the development of unwanted events. Without the incorporation of the probability of human error, the results are incomplete and often poorly valued.

PALABRAS CLAVE

Factor humano; Mantenimiento industrial; Gestión de empresas.

KEY WORDS

Human factor; Industrial maintenance; Management of companies.

INTRODUCCIÓN

En una empresa todos los activos tienen un propósito. Esto es así para los activos físicos, humanos, mecánicos, electrónicos o intangibles tales como habilidades, conocimientos y experiencia.

Que el mantenimiento industrial es una actividad estratégica dentro de los órganos tácticos de las empresas (Rey, 2001; Souris, 1992; Dixon, 2001), es ampliamente aceptado por todos los órganos de gestión empresarial, aunque en muchas ocasiones olvidado o relegado a una segunda posición, o como un “coste económico” a asumir por los órganos de dirección.

Las estrategias y tecnologías de mantenimiento ofrecen recursos que contribuyen a lograr determinados niveles de confiabilidad de los activos, pero no pueden hacer realidad la decisión y el compromiso de ser consecuentes con ellas en la actuación cotidiana. Tal resolución pertenece a la dirección de las organizaciones (Gómez-Senent, 1997) y a los que tienen el privilegio de la sabiduría de conducir, por el camino adecuado, al capital humano. El hecho trascendental y definitivo está dado, una vez más, por el liderazgo que sea capaz de generarse en la organización (Sexto, 2005).

Sin embargo la actividad de mantenimiento, debidamente analizada y marcada su posición estratégica, toma posiciones de gran relevancia, que inciden de manera sustancial, en todas las decisiones de la empresa y su adecuada eficiencia en la producción o explotación y por ello en su visión económica (Crespo, 2006; Boucly, 1998; Navarro, 1997).

En este artículo se pretende analizar los procesos ligados al factor humano, que interesa contemplar en relación con los aspectos estratégicos del mantenimiento industrial, en lo referente a la fiabilidad, disponibilidad y el componente humano, elementos que configuran la naturaleza del mantenimiento industrial.

LA DEFINICIÓN OPERATIVA DE MANTENIMIENTO

Una tal definición operativa de Mantenimiento Industrial podría ser el conjunto de técnicas que tienen por objeto conseguir una utilización óptima de los activos productivos, manteniéndolos en el estado que requiere una producción eficiente.

Pueden extraerse de esta definición los siguientes elementos, donde influye de manera decisiva el componente humano:

- Estado requerido.
- Exigencias de disponibilidad o conservación de ese estado.
- Conjunto de técnicas y procedimientos orientados a esa conservación.
- Actividad de reemplazo, reparación o modificación de unidades, componentes, conjuntos, equipos o sistemas de una planta industrial.

Se observa, cómo ya en la misma naturaleza del mantenimiento aparecen elementos ligados al conocimiento, ya que la técnica puede ser definida como la forma o manera de realizar una actividad, implicando, en consecuencia, la presencia de capital intelectual incorporado o no a los activos industriales o al personal. La especial acción o actividad del mantenimiento exige técnicas o conocimientos muy específicos y contingentes, de alto valor estratégico, que implican complejidad y elevados esfuerzos en su registro, transmisión y aplicación.

La consecución de requerimientos de disponibilidad en equipos e instalaciones, implica la ubicación de las actividades de mantenimiento en escenarios de elevada contingencia e incertidumbre, dónde contenidos informativos muy dinámicos, perecederos y específicos, y sus procedimientos de aplicación, se revelan como imprescindibles para una marcha eficiente de la planta. En otro caso, el mantenimiento de la planta debería responder de elevados costes de intervención, basados en una búsqueda repetitiva e inconsistente de información en las fases de detección, diagnóstico, prevención y reparación del fallo.

También la investigación e identificación del estado requerido es función del conocimiento, en especial, como se ha mencionado, cuando éste depende de tantas circunstancias y variables.

Por último, la actividad de mantenimiento requiere conocimientos muy específicos y variados; destacando el de diferentes y, en muchas ocasiones, novedosas tecnologías. Su optimización es compleja y la toma de decisiones se desenvuelve en un ambiente de incertidumbre.

Se han considerado elementos esenciales del mantenimiento industrial los siguientes:

- El proceso de fallo.
- La cadena de fallo.
- La incertidumbre.
- La experimentalidad y el modelado de sistemas.
- La disponibilidad.

- La incidencia del factor humano.

No solo en la actualidad, sino a lo largo de su evolución histórica, el mantenimiento ha precisado de factores y aspectos ligados a la experiencia y al conocimiento en general, como algo propio y necesario para su consecución efectiva.

Cualquier elemento de la cadena de fallo es observable e identificable a través de unos síntomas o manifestaciones diversas (vibración, ruido o zumbido, olor, calor o frío, aumento o disminución de la visibilidad, humo, humedad, polvo, abrasión o corrosión, desgaste, rotura, desprendimiento, etc.). Estos síntomas son claves a la hora de identificar la cadena.

El proceso y la cadena de fallo permiten la detección y el diagnóstico del fallo; procesos que, a su vez, permiten obtener el conocimiento necesario sobre el fallo, para proceder a su solución a través de la actuación de mantenimiento (figura 1).

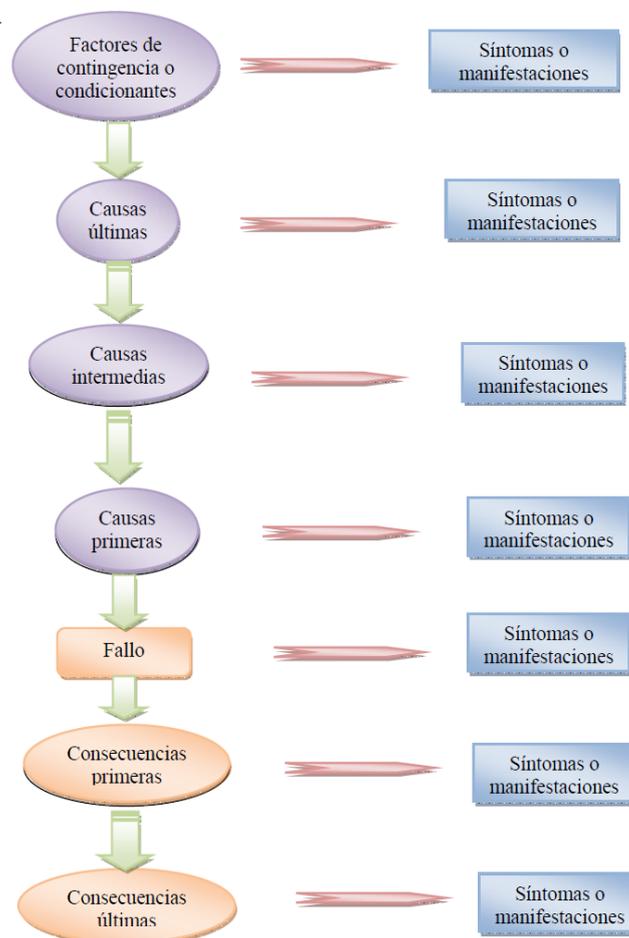


Figura 1. Cadena de fallo.

Se han considerado como fases del proceso de detección las siguientes: observación de síntomas y manifestaciones, identificación, detección, delimitación y descripción.

En la fase de observación de los síntomas y manifestaciones del fallo se trata de percibir información, a través de la observación sensorial directa, de la experiencia, de los conocimientos teóricos previos, de la información registrada, y de la medición o verificación

a través de pruebas y ensayos. El análisis de esa información permite la identificación previa y con cierta inmediatez del fallo. Se perciben ya algunos accidentes del fallo; como, por ejemplo, lugar, posición o elemento que soporta el fallo.

En la fase de detección se obtienen comprobaciones pertinentes y contrastables sobre el fallo, que se completan en las dos fases siguientes: en la de delimitación se determinan básicamente los límites en el cumplimiento de la especificación y el proceso de fallo, en la de descripción se investigan las circunstancias del fallo (qué, dónde, cuándo, etc.).

La naturaleza aleatoria del fallo, en general, parece incuestionable. Si existe algún fenómeno que se produce en el ambiente de la planta industrial, que puede certificarse como estocástico, es por excelencia el del fallo.

Desde un punto de vista filosófico, parece que el origen último del fallo de sistemas físicos se puede asociar con una decisión o acción humanas. Desde el operativo, también es preciso señalar la intervención relevante del factor humano en la explicación del fallo físico, añadiendo, sin duda, así, nuevas dosis de incertidumbre al tratarse de un sistema mucho más complejo, imprevisible y, en definitiva, con un comportamiento menos regular que la máquina.

Además de las causas humanas, es preciso hacer mención de las causas naturales, imprevistos y catástrofes de diversa y variada índole, que se encuentran con frecuencia formando parte de la cadena de fallo. En su propia esencia llevan implícito la imprevisibilidad y dificultad de comprensión y evaluación y, por tanto, su carácter eminentemente aleatorio. En general, puede afirmarse que los estados límite, que se presentan en los estadios últimos del proceso de fallo, suelen conducir a explicaciones o modelos estocásticos.

En la actividad de mantenimiento la detección, diagnóstico y reparación en actuaciones de carácter correctivo, preventivo o predictivo, está sometida a contingencias diversas, se produce en escenarios complejos y diferentes y no es fácil que se presenten regularidades que puedan conducir a una actividad fácilmente planificable y controlable.

En definitiva, parece poder establecerse sin dificultad que la incertidumbre es una de las características esenciales del mantenimiento, que hacen de éste una de las funciones o actividades de la planta industrial más complejas y difíciles de conocer. Efectivamente, esa incertidumbre no deja de ser una medida de la imperfección del conocimiento sobre este sujeto.

LA INCIDENCIA DEL FACTOR HUMANO

El objetivo básico de un programa de mantenimiento es conseguir la disponibilidad efectiva de la planta. Esto requiere:

- Alcanzar el nivel de disponibilidad requerida en equipos e instalaciones.
- Hacerlo al menor coste posible.
- Incorporar otros objetivos como menor tiempo de actuación o elevada calidad del trabajo realizado.

Para conseguir estos objetivos se hará preciso alcanzar otros como los siguientes:

- Evaluar los requerimientos y capacidades técnicas de los equipos e instalaciones. Esta información influirá en el diseño o selección de los mismos y en la determinación de las condiciones de operación.
- Identificar los factores o causas que impiden al sistema alcanzar los niveles de disponibilidad especificados, entre otros, los insuficientes niveles de fiabilidad de diseño u operativa o de mantenibilidad.
- Proponer acciones eficientes encaminadas a alcanzar los niveles de disponibilidad objetivo.
- Determinar y evaluar las tecnologías y técnicas de detección, diagnóstico, verificación y prueba, y de restauración de las condiciones iniciales, incluyendo los correspondientes procedimientos.
- Seguir y controlar la aplicación correcta de las técnicas y procedimientos, y de la actividad de mantenimiento en general.
- Recomendar acciones de mejora continua de la disponibilidad y de sus factores causales.
- Integrar la actividad y función de mantenimiento con el resto de funciones que intervienen en el ciclo de vida del sistema, evaluando su esperanza de vida y, en consecuencia, la rentabilidad a través de la actualización de los flujos de efectivo.

Dado que, como se ha señalado, el objetivo de la actividad de mantenimiento es conseguir de forma eficiente los valores requeridos de disponibilidad, conviene reflexionar sobre el concepto de disponibilidad, y los factores clave que influyen debido al componente humano.

El error humano, y la incidencia diaria en todos los procesos, tienen un gran impacto en la fiabilidad de sistemas complejos, teniendo gran incidencia en la fiabilidad general de las instalaciones, los procesos de mantenimiento y sobre la seguridad general tanto humana como del entorno. Los accidentes de Three Mile Island y Chernobyl, mostraron claramente que los errores humanos pueden hacer fallar las salvaguardias y son un factor determinante en la progresión de accidentes de graves consecuencias. En general, la contribución del factor humano al comportamiento de un sistema es, al menos, tan importante como la fiabilidad de los componentes (NTP-619, 2003). Los estudios de la fiabilidad del componente humano, son normalmente utilizados en el análisis de grandes instalaciones con alto componentes de riesgo ante fallo, tales como centrales nucleares, plantas

petroquímicas, etc., (Mosleh *et al.*, 2004; Swain *et al.*, 1983; Embrey *et al.*, 1984; Embrey *et al.*, 1994; Johnson *et al.*, 2002), pero normalmente olvidadas en la pequeña y mediana industria, y solo formalizada en algunos grandes entornos industriales (Widdowson *et al.* 2002; Wilson *et al.*, 2003).

Mediante los procedimientos del análisis del trabajo con el estudio de los errores, el diagnóstico de su origen y su tratamiento por el propio trabajador que pone en juego el conocimiento de la persona sobre la tarea (Leplat, 1985), son las partes fundamentales del análisis. Puede hacerse mediante recuento de errores, descripción de errores, condiciones en las que se producen y consecuencias de los errores; el objetivo es la eliminación de las fuentes de error y la disminución de sus consecuencias (NTP-360, 1994).

Para obtener una medida correcta y conocimiento de la fiabilidad del sistema debe tenerse en cuenta la posible contribución del error humano (NTP-619, 2003; NTP-620, 2003; NTP-621, 2003; NTP-328, 1993; NTP-333, 1994; NTP-401, 1996). Los análisis de diseño de sistemas, de procedimientos e informes posteriores de accidentes, muestran que el error humano puede causar un accidente inmediato o bien puede jugar un importante papel en el desarrollo de sucesos indeseados. Sin la incorporación de las probabilidades del error humano, los resultados son incompletos y a menudo mal valorados.

De las metodologías más utilizadas en el análisis de fiabilidad humana, la THERP (Technique for human error rate prediction) (Swain *et al.*, 1983) y la SHARP (Systematic Human Action Reliability Procedure) (Hannaman *et al.*, 1984a, 1984b). El SHARP define siete pasos para llevar a cabo el análisis de fiabilidad humana (figura 2). Cada una de estas actividades consta de inputs, análisis, reglas y resultados. Los inputs se derivan de las tareas preliminares del análisis de fiabilidad de sistemas y otras fuentes de información, como son procedimientos e informes de incidentes. Las reglas dan instrucciones de cómo actuar para cada actividad. Los resultados son el producto de las actividades realizadas.

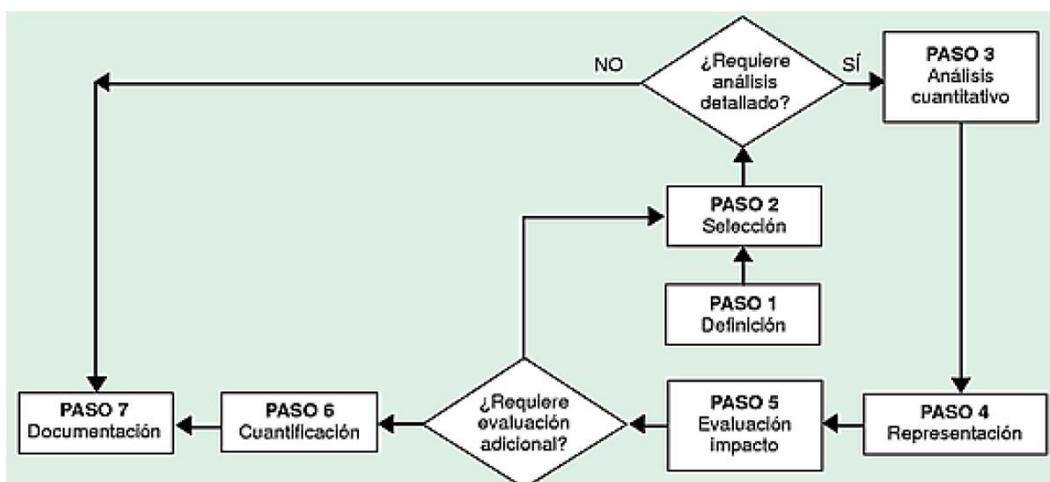


Figura 2. Pasos en el análisis de la fiabilidad humana con metodología SHARP.

Fuente: NTP-619, 2003.

Las siete actividades, son (NTP-619, 2003):

- **Definición:** Determinación de la clase de errores humanos a modelar, para asegurar que todas las interacciones humanas que se puedan originar estén contempladas.
- **Selección:** Identificar las acciones humanas que son significativas para el análisis de fiabilidad que se esté realizando.
- **Análisis cualitativo:** Desarrollo de una descripción detallada de las acciones humanas importantes.
- **Representación:** Selección y aplicación de técnicas para la modelización de las acciones humanas a través de una estructura lógica de modelización. Ej.: Árboles de fallo, árboles de sucesos, diagramas de bloques de fiabilidad, etc.
- **Evaluación del Impacto:** Analizar las acciones humanas significativas, desarrolladas y representadas en las actividades anteriores.
- **Cuantificación:** Donde se aplican las técnicas apropiadas para el análisis cuantitativo de cada acción humana. Desarrollo del modelo apropiado y cálculo de la probabilidad.
- **Documentación:** Incluye la información necesaria para una buena documentación y su trazabilidad.

El interés general aconseja aprovechar las capacidades potenciales de las personas de la mejor manera posible en el marco de la empresa, con el uso y gestión eficiente del conocimiento intrínseco. Más aún: la actual situación de competencia, hace que la supervivencia de las empresas corra el riesgo de depender solo de ellas.

El comportamiento de las personas en su trabajo, y la motivación como uno de los motores del rendimiento laboral, han sido objeto de numerosas investigaciones. Más en concreto en la propia actividad de mantenimiento, la motivación y la incidencia humana son factores importantes a tratar y estudiar dado el alto componente de conocimiento tácito que se ve implícito en su propio desempeño.

Algunas teorías relativas a la motivación, pueden mostrar de manera clara los procesos que se dan en los departamentos de mantenimiento en relación a las personas:

- **Teoría de las necesidades de Maslow (Maslow, 1943).**
- **Teoría de los factores (ambientales y motivadores) de Herzberg (Herzberg, 1959).**

Se observa en lo indicado, que el factor humano, tiene una incidencia fundamental en la fiabilidad global de los procesos de mantenimiento. La mayoría de los estudios formalizados sobre fiabilidad del factor humano, tienen en cuenta solo los procesos humanos que dan lugar al fallo (y normalmente solo en grandes entornos industriales), sin tener en cuenta el tratamiento y la gestión del conocimiento, que debidamente analizado y procesado, conlleva no solo el aumento de la fiabilidad global, sino la mejor gestión de pequeñas averías, reducción de los tiempos de mantenibilidad, mejora de la explotación operativa y optimización económica para la empresa.

CONCLUSIONES

En relación a los factores estratégicos esenciales de la actividad del mantenimiento, el factor humano juega un rol fundamental que es preciso estudiar y entender en toda su magnitud.

El error humano, y la incidencia diaria en todos los procesos, tienen un gran impacto en la fiabilidad de sistemas complejos, teniendo gran incidencia en la fiabilidad general de las instalaciones, los procesos de mantenimiento y sobre la seguridad general tanto humana como del entorno.

Se observa en lo indicado, que este factor, tiene una incidencia fundamental en la fiabilidad global de los procesos de mantenimiento.

Hay que tener en cuenta el alto componente humano en los departamentos de mantenimiento, y la tendencia actual a la subcontratación, que hace preciso la mejora del conocimiento en su incidencia sobre la fiabilidad global y operativa, y los procesos para la mejora de la motivación y la gestión de los procesos de generación, transmisión y utilización del conocimiento.

REFERENCIAS

- Boucly, F. (1998). Gestión del mantenimiento. AENOR. Madrid.
- Crespo Márquez A, lung B. (2006). Special issue on e-maintenance. Computers in Industry 2006; 57(1): 473-475.
- Dixon, J., (2001). Organización y liderazgo del mantenimiento. TGP, Madrid.
- Embrey, D.E., Humphreys, P.C., Rosa, E.A., Kirwan, B., Rea, K. (1984). SLIM-MAUD: an approach to assessing human error probabilities using structured expert judgment. Report No. NUREG/CR-3518 (BNL, NUREG-51716), Department of Nuclear Energy, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY.
- Embrey, D.E., Kontogiannis, T., Green, M. (1994). Guidelines for preventing human error in process safety. New York: Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers.
- Gómez, Senent, E., (1997). Cuadernos de Ingeniería de proyectos. Diseño básico de plantas industriales. UPV, Valencia.
- Hannaman, GW; Spurgin, AJ; Lukic YD. (1984a). Human cognitive reliability model for PRA analysis. NUS-4531, Electric Power Research Institute.
- Hannaman, GW; Spurgin, (1984b). AJ. Systematic Human Action Reliability Procedure (SHARP), EPRI NP-3583.
- Herzberg, F.; Mauser, B., Snyderman, B. (1959): The Motivation to Work. 2nd ed., New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Johnson, R., Hughes, G. (2002). Evaluation report on OTO 1999/092, human factors assessment of safety critical tasks. Report No. 33, Health and Safety Executive, UK.
- Leplat, J. (1985). La psicología ergonómica. Ed. Oiko-tau, Barcelona.
- Maslow, A. (1943). A Theory of Human Motivation. Originally Published in Psychological Review, 50, 370-396. <http://dx.doi.org/10.1037/h0054346>
- Mosleh, A, Chang, Y. (2004). Model-based human reliability analysis: prospects and requirements. Reliability Engineering and System Safety 83 (2004) 241–253. <http://dx.doi.org/10.1016/j.res.2003.09.014>
- Navarro, L. y otros. (1997). Gestión integral del mantenimiento. Marcombo, S.A. Barcelona.
- NTP 328, (1993): Análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- NTP 333, (1994): Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del "Árbol de fallos y errores". Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.

- NTP 360, (1994): Fiabilidad humana: conceptos básicos. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- NTP 401, (1996): Fiabilidad humana: métodos de cuantificación, juicio de expertos. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- NTP 619, (2003): Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano (I). Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- NTP 620, (2003): Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano (II). Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- NTP 621, (2003): Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano (III). Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- Rey, F., (2001). Manual de mantenimiento integral de la empresa. Confemetal, Madrid.
- Sexto, L. (2005). Confiabilidad integral del activo. Seminario internacional de mantenimiento celebrado en Perú, Arequipa, Tecsup del 23,25 de febrero de 2005.
- Souris, J P., (1992). El Mantenimiento. Fuente de Beneficios., Díaz de Santos, Madrid.
- Swain, A.D., Guttman, H.E. (1983). Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications. Report No. (THERP), NUREG/CR, 1278, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC.
- Widdowson, A., & Carr, D. (2002). Human factors integration: implementation in the onshore and offshore industries. Sudbury, UK: HSE Books.
- Wilson, L., McCutcheon, D. (2003). Industrial safety and risk management. Edmonton, Canada: University of Alberta Press.