

INCIDENCIA DEL DESEMPEÑO HUMANO EN EL PROCESO DE
MANTENIMIENTO Y CRITERIOS DE MEJORA QUE PUEDA APLICARSE A
LAS EMPRESAS

LUIS ALBERTO SERRANO SERRANO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2020

INCIDENCIA DEL DESEMPEÑO HUMANO EN EL PROCESO DE
MANTENIMIENTO Y CRITERIOS DE MEJORA QUE PUEDA APLICARSE A
LAS EMPRESAS.

LUIS ALBERTO SERRANO SERRANO

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Gerencia de Mantenimiento

Directora:

Ruth Zárate Rueda

PhD. en Educación

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2020

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien me da guía y dirección en todas mis acciones y decisiones en cada momento.

A mis padres, Jose Simón y Maria Josefa por la formación y educación que me dieron durante mis primeros pasos y que han sido las raíces para seguir cosechando frutos.

A mi adorada e increíble esposa Yamile, por su soporte, guía y paciencia durante el desarrollo de este estudio y trabajo de grado.

A mis hijas Laura Yamile y Maria Alejandra que son la continuidad de mi existencia y mi fuente motivadora para demostrar que podemos hacer lo que nos proponemos.

A la profesora Ruth Zarate, por su constante apoyo y dirección durante el desarrollo de este trabajo de grado.

A mis compañeros de Maestría con quienes compartimos experiencias y conocimientos.

Luis Alberto

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GENERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL.....	18
3.1 FUNDAMENTOS DEL DESEMPEÑO HUMANO	18
3.2 PROBLEMAS POR DESEMPEÑO HUMANO EN MANTENIMIENTO.....	19
3.2.1 Efecto de reducir los errores de mantenimiento.....	22
3.2.2 Perspectiva sobre el Desempeño Humano y Eventos.....	23
3.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS INHERENTES AL DH.....	25
3.4 MODOS DE DESEMPEÑO.....	26
3.4.1 Modo de desempeño basado en Destreza/Automático (SB).....	27
3.4.2 Modo de desempeño basado en Reglas o procedimientos (RB)	28
3.4.3 Modo de desempeño Basado en Comprensión/Entendimiento (KB)	28
3.5.4 Sistema del Modelo de Error Genérico (GEMS).....	30
3.5 GENERALIDADES SOBRE LOS ERRORES	32
3.5.1 Errores activos – Errores latentes.....	32
3.5.2 Consecuencia de los errores de mantenimiento.....	33
3.5.3 Situaciones probables de error.....	34
3.5.4 Precusores comunes de error	35
3.5.5 Precondiciones de error más comunes, La “Docena Maligna” o “The Dirty Dozen”	37
3.5.6 factores locales que conllevan al error	39
3.5.7 Principios del desempeño humano.....	40
3.6 ACERCAMIENTO SISTEMÁTICO PARA LA INVESTIGACIÓN DE FACTORES HUMANOS	41
3.6.1 Modelo de James Reason “Queso Suizo”	43
3.7. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE FACTORES HUMANOS – HFACS	44
3.7.1 Actos inseguros.....	45
3.7.2 Pre-Condiciones de actos inseguros.....	46
3.7.3 Supervisión Insegura.....	47
3.7.4 Influencias Organizacionales.....	49
3.8 GESTIÓN DEL DESEMPEÑO HUMANO	50

3.8.1 Identificar el desempeño deseado.....	52
3.8.2 Monitoreo del desempeño.....	53
3.8.3 Identificar las oportunidades de mejora.....	54
3.8.4 Identificar las causas fundamentales de mejora.....	54
3.8.5 Identificar, seleccionar y aprobar las soluciones.....	55
3.8.6 Implementar las soluciones.....	56
3.8.7 Evaluar los resultados.....	57
3.9 PRIMEROS PASOS HACIA EL CAMINO DEL DESEMPEÑO HUMANO	58
4. METODOLOGÍA	60
4.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	60
4.1.1 Registro y recopilación de las encuestas	61
4.1.2 Selección de los encuestados.....	61
5. RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN.....	63
5.1 CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	64
5.1.1 Población de las encuestas.....	65
5.1.2 Distribución de experiencia de mantenimiento de la población encuestada	66
5.1.3 Resultado total de preguntas por clasificación de prioridad.....	66
5.1.4 Duración máxima del trabajo.....	67
5.2. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	68
5.2.1 Precusores de Error	68
5.2.1.1 Los precusores de error identificados con mayor prioridad.....	72
5.2.1.2 Precusores de error de gestión con mediana prioridad.....	80
5.2.2 Resultados de tipos de error y comportamiento inseguros.....	85
5.2.3 Resultados de modos de desempeño.....	91
5.2.4 Resultados de fallas latentes - influencia organizacional	93
5.2.4.1 Gerencia/organización y liderazgo.....	95
5.2.4.2 Procedimientos.....	96
5.2.4.3 Supervisión y planeación.....	97
5.2.4.4 Bienestar psicológico y físico.....	98
6. RECOMENDACIONES	102
7. CONCLUSIONES	107
BIBLIOGRAFÍA.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo del evento MEDA	21
Figura 2. Cambios en los factores casuales de accidentes en aviación con el tiempo	23
Figura 3. El papel de desempeño humano en la causa de eventos.....	24
Figura 4. Modos de desempeño de los humanos	27
Figura 5. Procesos cognitivos y componente emocional en la toma de decisiones	29
Figura 6. Sistema del Modelos de Error Genérico (GEMS)	31
Figura 7. Clasificación de los errores según el modelo GEMS	32
Figura 8. Comparación de los tipos de error que resultan en incidentes de calidad y lesiones de trabajadores	34
Figura 9. Situaciones de error probable.....	35
Figura 10. Errores de mantenimiento (caja central) en el contexto de factores locales de generación de errores.....	40
Figura 11. Componentes básicos de cualquier sistema productivo	42
Figura 12. Modelo del “Queso Suizo” de causación del error humano según Reason	43
Figura 13. Diagrama de flujo del sistema de clasificación y análisis de factores humanos	45
Figura 14. Modelo de mejora del desempeño.....	51
Figura 15. Modelos de desempeño propuesto por DOE.....	58
Figura 16. Distribución específica de encuestados.....	65
Figura 17. Distribución de años de experiencia de las personas encuestadas.....	66
Figura 18. Distribución de máximo turno realizado en los últimos 12 meses.....	67
Figura 19. Clasificación según la cantidad de respuestas acordes con la periodicidad.....	71
Figura 20. Resultado según el número de respuestas sobre el factor estrés y su criticidad.....	73
Figura 21. Resultado según el número de respuestas sobre el factor complacencia y su criticidad	74

Figura 22. Resultado según el número de respuestas sobre el factor presión y su criticidad.....	76
Figura 23. Resultado según número de respuestas sobre el factor fatiga y su criticidad.....	78
Figura 24. Distribución por horas trabajadas según el factor fatiga	78
Figura 25. Resultado según el número de respuestas sobre el factor falta de recursos y su criticidad	80
Figura 26. Resultado según el número de respuestas sobre el factor falta de comunicación y su criticidad	82
Figura 27. Resultado según el número de respuestas sobre el factor falta trabajo en equipo y su criticidad	83
Figura 28. Resultado según el número de respuestas sobre el factor falta de conocimiento y su criticidad.....	85
Figura 29. Preguntas críticas según la frecuencia y clasificación A, B y C de errores	87
Figura 30. Resultado según el número de respuestas sobre el error de violación	89
Figura 31. Resultado según el número de respuestas error de Equivocación, Descuido y Desconcentración.....	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre actividades y problemas de desempeños en eventos de plantas de energía nuclear	19
Tabla 2. Características generales de cada tipo de error	33
Tabla 3. Precusores de error comunes identificados por DOE	36
Tabla 4. Ejemplos de actos inseguros de pilotos.....	46
Tabla 5. Ejemplos de precondiciones de actos inseguros de pilotos.....	47
Tabla 6. Ejemplos de supervisión insegura	48
Tabla 7. Ejemplos de influencias organizacionales.....	50
Tabla 8. Ejemplo de las herramientas para identificar causas subyacentes de desviaciones de desempeño	55
Tabla 9. Distribución por categorías de las preguntas planteadas.....	63
Tabla 10. Ranking de clasificación por cada pregunta.....	65
Tabla 11. Distribución del número de preguntas de las encuestas clasificadas por ranking de prioridad	67
Tabla 12. Compilación total de precusores de error en orden de importancia.....	69
Tabla 13. Precusores de error por cantidad	69
Tabla 14. Preguntas críticas “A” del cuestionario para precusores de error	71
Tabla 15. Preguntas relacionadas con el factor estrés	72
Tabla 16. Preguntas relacionadas con el factor complacencia	74
Tabla 17. Preguntas relacionadas con el factor presión	75
Tabla 18. Preguntas relacionadas con el factor fatiga	77
Tabla 19. Preguntas relacionadas con el factor falta de recursos.....	79
Tabla 20. Preguntas relacionadas con el factor falta de comunicación	81
Tabla 21. Preguntas relacionadas con el factor falta de trabajo en equipo.....	83
Tabla 22. Preguntas relacionadas con el factor falta de conocimiento	84
Tabla 23. Principales errores de error por prioridad.....	86
Tabla 24. Principales precusores de error por cantidad	86
Tabla 25. Preguntas críticas según la clasificación A, B y C por cantidad de errores	87

Tabla 26. Preguntas criticas relacionadas con el factor error por violaciones ..	88
Tabla 27. Preguntas relacionadas con el factor error por Equivocación, Descuido y Desconcentración	90
Tabla 28. Principales modos de desempeño por prioridad	91
Tabla 29. Principales modos de desempeño por cantidad	91
Tabla 30. Preguntas criticas relacionadas con el modo de desempeño basado en destreza (SB)	92
Tabla 31. Preguntas criticas relacionadas con el modo de desempeño basado en reglas (RB)	93
Tabla 32. Preguntas criticas relacionadas con el modo de desempeño basado en comprensión (KB)	93
Tabla 33. Principales componentes de fallas latentes o sistemáticas de error según prioridad	94
Tabla 34. Principales componentes de fallas latentes o sistemáticas de error según cantidad de respuestas	94
Tabla 35. Preguntas criticas relacionadas con el componente gerencia, organización y liderazgo	96
Tabla 36. Preguntas relacionadas con el componente procedimientos	97
Tabla 37. Preguntas relacionadas con el componente supervisión y planeación	98
Tabla 38. Preguntas relacionadas con el componente bienestar psicológico y físico	99

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Formulario encuesta factores de error humano en mantenimiento y operación	112
Anexo B. Resumen de resultados de las encuestas.....	117

RESUMEN

TITULO: INCIDENCIA DEL DESEMPEÑO HUMANO EN EL PROCESO DE FACTOR DE ERROR, DESEMPEÑO HUMANO, CONFIABILIDAD HUMANA, ERROR, FACTOR HUMANO, CONFIABILIDAD, MANTENIMIENTO, SEGURIDAD INDUSTRIAL, GESTIÓN DEL ERROR *1

AUTOR: LUIS ALBERTO SERRANO SERRANO**

PALABRAS CLAVES: FACTOR DE ERROR, DESEMPEÑO HUMANO, CONFIABILIDAD HUMANA, ERROR, FACTOR HUMANO, CONFIABILIDAD, MANTENIMIENTO, SEGURIDAD INDUSTRIAL, GESTIÓN DEL ERROR.

DESCRIPCIÓN: El presente trabajo analiza la incidencia de factores de error y desempeño humano del personal involucrado en el proceso de mantenimiento del sector industrial en Colombia para determinar criterios de mejora que garanticen la confiabilidad de los equipos y la rentabilidad de las empresas. Asimismo, mediante la aplicación de la teoría y los conceptos básicos de desempeño humano y factores de error, identifica explicaciones a situaciones individuales (desmotivación, estado de ánimo, estrés) y del entorno, que afectan la calidad del proceso de mantenimiento, la confiabilidad de los equipos y la rentabilidad de las empresas, planteando metodologías de gestión del desempeño humano para reducir los errores previstos.

El primer apartado se centra en las generalidades del proyecto de investigación, junto con el marco conceptual y teórico. La segunda sección contiene los resultados y el análisis de los hallazgos de encuestas realizadas a 145 profesionales de mantenimiento de cinco de las empresas más influyentes en Colombia y finaliza con un compendio de recomendaciones basadas en los resultados obtenidos, su contraste con los referentes teóricos/conceptuales y la cotidianidad en el desempeño del personal del área de mantenimiento del sector petróleo y gas.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela Ingeniería Mecánica. Maestría en Gerencia de Mantenimiento. Director: Ruth Zarate Rueda, PhD. En Educación

ABSTRACT

TITLE: HUMAN PERFORMANCE INFLUENCE IN MAINTENANCE PROCESS AND IMPROVEMENT CRITERIA APPLICABLE TO COMPANIES*

AUTHOR: LUIS ALBERTO SERRANO SERRANO**

KEY WORDS: ERROR FACTOR, HUMAN PERFORMANCE, HUMAN RELIABILITY, HUMAN FACTOR, RELIABILITY, MAINTENANCE, INDUSTRIAL SAFETY, ERROR MANAGEMENT.

DESCRIPTION: This paper analyses the error factors and human performance incidence for the personnel involved in the maintenance process at the industrial sector in Colombia, identifying the improvement criteria that guarantee companies equipment reliability and profitability. Also, through theory application and the basic concepts of human performance and error factors, the research identifies explanations to individual situations (demotivation, mood, stress) and the environment, which affect the quality of maintenance process, equipment reliability and company's profitability, proposing methodologies of human performance management to reduce the expected errors.

The first section focuses on the generalities of the research, together with the conceptual and theoretical framework. The second section contains the results and the analysis of the findings during surveys carried out on 145 maintenance professionals from five of the most influential companies in Colombia. It ends with a compendium of recommendations based on the results obtained, their contrast with the theoretical/conceptual references and the daily routine in the performance of the personnel of the maintenance area of the oil and gas sector.

* Master's Thesis

** Faculty of Physic-Mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering, Mastery in Maintenance Management, Advisor: Ruth Zarate Rueda, PhD. Education (UIS)

INTRODUCCIÓN

Existe una percepción generalizada de "el problema es el error humano". El error humano se cita a menudo como un factor contribuyente o causa de falla de equipos y/o accidentes, algunas personas aceptan el término "error humano" como una categoría de posibles causas de resultados insatisfactorios y existe la creencia que el elemento humano no es confiable; por ello, las soluciones al "problema del error humano" residen en cambiar a las personas o su rol en el sistema.

Ciertas industrias han mejorado la confiabilidad y seguridad al automatizar actividades realizadas por los humanos, no obstante, las actividades de mantenimiento no son fáciles de automatizar. Con el fin de comprender las deficiencias de mantenimiento, es necesario entender la naturaleza del trabajo realizado por el personal de mantenimiento y el potencial de error en sus actividades; al respecto, la mayoría de los conceptos de confiabilidad humana se basan en reforzar el entrenamiento y conocimientos de los técnicos e ingenieros de mantenimiento, dejando de lado los demás factores que afectan el desempeño humano o confiabilidad humana, como lo son: factores culturales, interacción con los equipos y procesos de la organización, que influyen en la calidad de las reparaciones y la confiabilidad de los equipos.

La presente investigación, se enfoca en analizar la incidencia de factores de error en el desempeño humano del personal involucrado en el proceso de mantenimiento y determinar criterios de mejora para garantizar la confiabilidad de los equipos y la rentabilidad de las empresas. Asimismo, se pretende mediante la aplicación de la teoría y los conceptos básicos de desempeño humano y factores de error, hallar explicaciones a situaciones individuales (desmotivación, estado de ánimo, estrés) y del entorno, que afectan la calidad del proceso de mantenimiento, la confiabilidad de los equipos y la rentabilidad de las empresas; así como, plantear metodologías de gestión del desempeño humano para reducir los errores previstos.

El presente documento se estructura de la siguiente manera: el primer apartado se centra en las generalidades del proyecto de investigación, junto con el marco conceptual y teórico que se tomó como referente.

La segunda sección contiene los resultados encontrados y el análisis de los hallazgos; para esto, se realizó una clasificación por categorías y subcategorías. La tercera parte, incluye un compendio de recomendaciones basadas en los resultados obtenidos, su contraste con los referentes teóricos/conceptuales y la cotidianidad en el desempeño del personal del área de mantenimiento del sector petróleo y gas.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las empresas que integran el sector industrial desarrollan sus procesos desde un enfoque sistémico, el cual contiene una serie de etapas interdependientes que se efectúan de manera simultánea, con el propósito de satisfacer las necesidades de las personas y la comunidad en general, proporcionar bienestar social y condiciones de calidad de vida. Los procedimientos están compuestos por el diseño, la operación, el mantenimiento, la logística y las ventas; en este sentido, deben ser desarrollados y alineados entre sí, con el fin de maximizar la eficiencia y rentabilidad de las compañías. Al respecto, la etapa de mantenimiento juega un papel preponderante dentro de este ciclo, en razón a que la calidad de este en su implementación, puede poner en ventaja o desventaja a las compañías, respecto a la competencia y optimización de sus procesos industriales.

Durante y después de la ejecución de la etapa de mantenimiento, es posible que se presenten errores humanos de ensamble, calidad de las reparaciones y/o descuido en la instalación de componentes, ocasionados por los técnicos o ingenieros responsables del mismo. Estos acontecimientos pueden estar influenciados por factores individuales, culturales, conocimientos y/o por procesos internos de la compañía.

De acuerdo con la situación expuesta anteriormente, surgen las siguientes preguntas de investigación:

¿Cómo influyen los factores individuales, culturales y organizacionales en el desempeño humano del proceso de mantenimiento de las empresas?

¿Cómo pueden las empresas reducir los factores de error del desempeño humano en el proceso de mantenimiento?

En estudios realizados de la aeronáutica², se ha evidenciado que los errores humanos en actividades de mantenimiento han sido un factor de causa de varios accidentes a nivel mundial, según el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE)³, alrededor del 80% de todos los eventos se atribuyen a un error humano. A nivel industrial se han realizado algunos estudios, uno de los análisis realizados por INPO (Instituto de operaciones de Energía Nuclear)⁴, corresponde a determinados acontecimientos importantes en la industria de la energía nuclear comercial entre 1995 y 1999, la investigación indicó que tres de cada cuatro eventos se atribuyen a errores humanos. Ese tipo de situaciones pueden continuar presentándose, a menos que las empresas de mantenimiento tomen las medidas y controles para reducir o eliminar los factores de error.

² REASON, James y HOBBS, Alan. Guía práctica para la gestión de errores de mantenimiento. 2003. p. 2.

³ DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Introduction to human performance overview. En: Human performance improvement handbook. Washington D.C. 2009. Vol. 1. p. 10.

⁴ *Ibíd.*, p.10.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la influencia de los factores de error individuales, culturales y organizacionales que afectan el desempeño humano en el proceso de mantenimiento en las empresas, para proponer estrategias de gestión de confiabilidad humana que les permitan mejorar la calidad, la confiabilidad de los equipos y sus ingresos económicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los fundamentos teóricos y conceptuales dentro de los cuales se enmarca el desempeño y error humano que puedan aplicarse en el proceso de mantenimiento.
- Realizar un diagnóstico en empresas del sector industrial, que permita establecer los factores que influyen positiva o negativamente en el desempeño humano y los errores del personal que participa en el proceso de mantenimiento.
- Definir acciones y metodologías sistemáticas factibles de implementarse en las empresas del sector industrial, con el propósito de reducir la influencia de factores de error y así mejorar la confiabilidad y el desempeño humano.

3. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL

3.1 FUNDAMENTOS DEL DESEMPEÑO HUMANO

El Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE), desarrolló una guía de mejoramiento del desempeño humano (Human Performance Improvement Handbook DOE - HDBK)⁵, que proporciona un conjunto de métodos y técnicas prácticas para anticipar, prevenir y detectar errores humanos activos; y lo que es más importante, identificar y mitigar errores latentes atribuibles a factores organizacionales. El DOE describe el Desempeño Humano (DH) en una forma simple, a partir de una serie de comportamientos (actos observables que pueden ser escuchado o vistos) llevados a cabo para lograr el objetivo de una tarea específica (resultado).

Industrias de la aviación, energía nuclear, naval, médica, el DOE y otras organizaciones de alto riesgo o tecnología compleja, han adoptado los principios, conceptos y prácticas de desempeño humano (DH), con el objetivo de disminuir los errores humanos y mejorar los controles para reducir los accidentes y eventos no deseados. Algunas compañías han adoptado métodos y prácticas de mejoramiento del desempeño humano, reportando mejoras en la calidad, eficiencia y productividad en sus procesos.

Por otra parte, la industria del petróleo y gas está iniciando la aplicación de iniciativas que corresponden al DH para mejorar la seguridad, a raíz de los resultados positivos y visibles en las compañías; lo anterior, se retribuye a la comprensión óptima de los procedimientos y la relevancia que se les otorga a las actividades de mantenimiento, considerado como uno de los procesos de mayor impacto e intervención humana en estas industrias.

- ¿Qué son los factores humanos? DOE⁶ describe que los factores humanos son el estudio de cómo las personas se desempeñan en múltiples ambientes de

⁵ *Ibíd.*, p. 1.

⁶ *Ibíd.*, p. 5-4.

trabajo al interactuar con los equipos, desempeñando varios roles y tareas ergonómicas, de ingeniería, entrenamiento y recursos humanos.

- ¿Qué es un error humano?: el DOE⁷ explica que generalmente significa, descuidos, errores u olvidos de las personas.

- ¿Qué es desempeño humano?: el DOE⁸ lo describe como una serie de comportamientos realizados para lograr un resultado específico.

3.2 PROBLEMAS POR DESEMPEÑO HUMANO EN MANTENIMIENTO

Reason y Hobbs⁹, explican que las personas encargadas de documentar los procedimientos y manuales raramente han realizado las actividades en condiciones reales; adicionalmente, el personal técnico que inicia una labor comúnmente no corresponde al mismo que lo finaliza. Por otra parte, los dos autores presentan resultados combinados de cuatro encuestas en plantas nucleares de energía (Tabla 1), tres de ellas en Estados Unidos y una en Japón.

Tabla 1. Relación entre actividades y problemas de desempeños en eventos de plantas de energía nuclear

Tipo de actividad	% Problemas de desempeño humano asociados con la actividad
Mantenimiento, calibración y pruebas	Rango 42-65
Operación normal de la planta	Rango 8-30%
Operación en condiciones anormales o de emergencia	Rango 1 – 8%

Fuente: REASON, James y HOBBS, Alan. Guía práctica para la gestión de errores de mantenimiento. p, 1.

En las encuestas realizadas por Reason y Hobbs¹⁰, predominan los porcentajes de problemas de DH asociados al mantenimiento; es decir, superan de forma notoria otros tipos de DH contenidos en las diversas etapas del proceso. Al

⁷ Ibíd., p. 4.

⁸ Ibíd., p. 4.

⁹ REASON, James y HOBBS, Alan. Op. cit., p.1.

¹⁰Ibíd., p.2

respecto, se observó que en tres de los cuatro estudios, los errores de mantenimiento generaron como consecuencia más de la mitad de los eventos potencialmente serios. Asimismo, la investigación destaca que los errores de mantenimiento han sido la principal causa de accidentes mayores en determinadas industrias, como lo son:

- Explosión del tanque de oxígeno del Apolo 13 (1970)
- Explosión ciclo hexano Flixborough (1974)
- El accidente nuclear de Three Mile Island (Harrisburg, EE. UU., 1979)
- Colisión del avión DC10 en Chicago O'Hare (1979)
- El desastre en la planta de pesticidas de India – Bhopal (1984)
- Colisión del vuelo 123 de Japón Airlines en Japón - Osaka (1985)
- La explosión de la plataforma de petróleo y gas Piper Alpha – Mar del Norte (1988)
- El accidente ferroviario de Clapham – Gran Bretaña (1988)
- La explosión del complejo químico Phillips 66 – HCC en USA - Pasadena (1989)
- Explosión de la cabina Vuelo 5390 de British Airways (1990)
- Falla estructural en el aire del vuelo Embraer EMB 120 Brasilia (1991)

Smith¹¹ resalta que, en estaciones de generación térmica, el 56% de las paradas no planeadas ocurren en menos de una semana, luego de una parada programada de mantenimiento. Por otra parte, Reason¹² presenta evidencias, especialmente en aviación, con el fin de demostrar que gran porcentaje de los errores de mantenimiento están asociados con el reensamble y la instalación; para ello, relaciona datos de las siete principales causas identificadas en el caso Boeing, tendiendo así:

- Instalación Incompleta (33%)
- Daños durante la instalación (14.5%)
- Instalación incorrecta (11%)
- Componente no instalado u olvidado (11%)

¹¹ SMITH, Anthony. Reliability: Centred Maintenance. Boston. 1992.

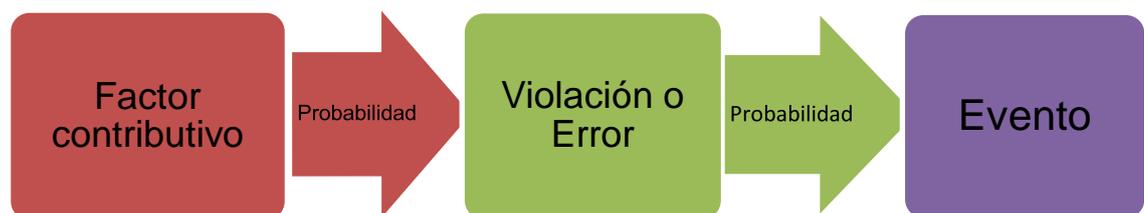
¹² REASON, James. Approaches to controlling maintenance error. En: Human error in aviation maintenance. 1997. p. 8.

- Daño por objeto externo (6.5%)
- Inapropiado aislamiento o falla de inspección o prueba (6%)
- Equipo NO activado o desactivado (4%)

Desde 1995, la compañía Boeing ha ofrecido a los operadores una herramienta de factores humanos llamada “*Maintenance Error Decision Aid - (MEDA)*”. La Figura 1 ilustra la investigación de los factores que contribuyen a los errores de mantenimiento, el alcance de esta herramienta se ha expandido para que adicionalmente se evidencien las violaciones a políticas, procesos y procedimientos que sobrellevan a un evento no deseado. Los errores de mantenimiento pueden también tener un efecto significativo en los costos operativos de las aerolíneas, algunos de los estimados por Boeing¹³ son:

- De 20% a 30% de las paradas de turbinas en vuelo, con un costo de US\$500.000 por parada.
- 50% de los retrasos de vuelos, debido a problemas en las turbinas con un costo de US\$9000 por hora
- 50% de las cancelaciones de vuelos, debido a problemas en las turbinas con un costo de US\$6000 por cancelación.

Figura 1. Modelo del evento MEDA



Fuente: RANKIN, William. MEDA Investigation Process. p, 19.

¹³ RANKIN, William. MEDA Investigation Process. En: Boeing. Chicago. 2007. p. 16.

3.2.1 Efecto de reducir los errores de mantenimiento. El reporte de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA)¹⁴, en el año 2003 identificó que en 24 de los 93 accidentes (26%), una actividad de mantenimiento causó un evento que inició la cadena del accidente. En general, el error humano es la mayor causa de accidente de todas las aeronaves (Ver Figura 2). Reason y Hobbs¹⁵, basados en estudio realizado a 122 errores de mantenimiento registrados por una aerolínea mayor del Reino Unido, lograron identificar que la omisión u olvido representó el 56% de los eventos y 30% fue atribuido a la incorrecta instalación; mientras que 8% involucró el uso de la parte incorrecta. Al momento de examinar en detalle estos errores de omisión, se identificaron los causales:

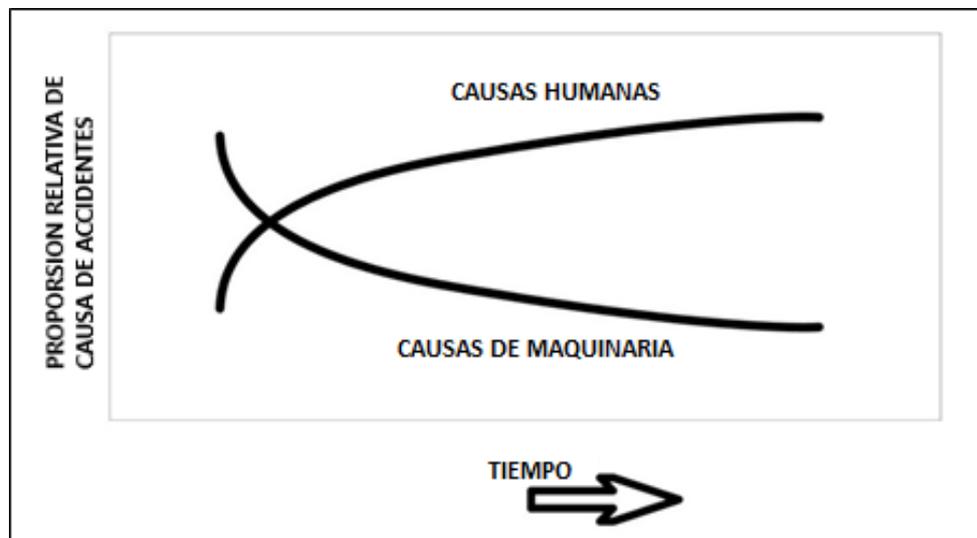
- Tuerca o tornillo no instalado o incompleto (22%)
- Componentes dejados bloqueados o pines no removidos (13%)
- Tapas sueltas u olvidadas (11%)
- Componentes olvidadas o dejados sueltos (10%)
- Componentes olvidados (10%)
- Herramientas o repuestos no removidos (10%)
- Falta de lubricación (7%)
- Paneles no instalados (3%)
- Otros (14%)

Las actividades de mantenimiento representan parte importante del éxito o fracaso de las empresas, debido a que afectan la seguridad de las personas y pueden representar grandes pérdidas económicas; en razón a ello, es indispensable identificar los factores de error en los colaboradores de mantenimiento, con el objetivo de garantizar la seguridad, confiabilidad y resultados económicos esperados.

¹⁴ *Ibíd.*, p. 16.

¹⁵ REASON, James y HOBBS, Alan. *Op. cit.*, p. 7.

Figura 2. Cambios en los factores casuales de accidentes en aviación con el tiempo



Fuente: Organización de aviación internacional. Citado en REASON, James y HOBBS, Alan. p, 7.

3.2.2 Perspectiva sobre el Desempeño Humano y Eventos. El DOE¹⁶ ilustra lo que se conoce acerca del rol de desempeño humano en la causa de los acontecimientos (Ver Figura 3). Aproximadamente el 80% de todos los eventos se atribuyen a un error humano, en algunas industrias esta cifra se acerca al 90% y cerca del 20% de los acontecimientos implican fallas en los equipos. Cuando se desglosa aún más este porcentaje (80%), se observa que la mayoría de los errores están asociados a las debilidades organizativas latentes (cometidos por los seres humanos en el pasado y que permanecen en el sistema); mientras que, alrededor del 30% son ocasionados por el individuo trabajador, al manipular equipos y los sistemas de la instalación. Es evidente que, al enfocar los esfuerzos en la reducción de los errores humanos, se reducirá la probabilidad de eventos no deseados.

¹⁶ DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Op. Cit., p. 10.

Figura 3. El papel de desempeño humano en la causa de eventos



Fuente: DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Human performance improvement handbook. p, 10.

Un análisis de los acontecimientos importantes realizado por DOE en la industria de la energía nuclear comercial, entre 1995 y 1999; destaca que, según informes de la INPO (Instituto de Operaciones de Energía Nuclear), tres de cada cuatro eventos se atribuyen a errores humanos. El informe reveló que "el riesgo está en la gente, la forma en que son entrenados, su nivel de profesionalismo, su desempeño y la forma en que se administran"¹⁷. Los errores humanos que conducen a consecuencias adversas pueden ser muy costosos, atentan contra la capacidad de una organización para proteger a su fuerza de trabajo, su instalación física, el público y el medio ambiente del desastre. El error humano, también afecta el balance final económico. De acuerdo con lo anterior, determinadas organizaciones pueden mantener los costes asociados al accidente mayor, como son: daños en los equipos, las instalaciones, herramientas, costos legales, suministros de emergencia, limpieza del terreno, retrasos en la producción, las horas extras, el tiempo de investigación, el tiempo de los supervisores desviados y el costo de los paneles de investigación.

DOE¹⁸ señala que una creencia tradicional es que el DH es un fenómeno centrado en el trabajador; por tanto, esta creencia promueve la idea que las fallas se introducen en el sistema sólo a través de la falta de confiabilidad inherente a las personas, "una vez que podamos deshacernos de los pocos malos

¹⁷ *Ibíd.*, p. 10.

¹⁸ *Ibíd.*, p. 10.

trabajadores todo estará bien; entonces no hay nada malo con el sistema”¹⁹. Sin embargo, la experiencia indica que las deficiencias en los procesos de organización y los valores culturales están involucradas en la mayoría de los eventos de las instalaciones. Los accidentes ocurren por una combinación de factores y en su mayoría, están fuera del alcance del trabajador; por tanto, el contexto organizacional de desempeño humano es una consideración importante. Al mismo tiempo, el desempeño libre de incidentes o eventos requiere una visión integrada del DH, para aquellas compañías que intentan alcanzarlo; en este sentido, el buen funcionamiento entre departamentos (gerencia, supervisión y trabajadores) como un equipo y en un grado de alineación de los procesos y valores en el logro de las misiones económicas, proporcionará la seguridad de la instalación.

3.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS INHERENTES AL DH

- **Error:** las personas no se equivocan intencionalmente²⁰. El error es una acción humana que involuntariamente se aparta de un comportamiento esperado.²¹ DOE describe el error como un comportamiento sin malicia o previsión; no es un resultado. El error humano es provocado por un desajuste entre las limitaciones humanas y las condiciones ambientales en el lugar de trabajo, incluidas las prácticas inadecuadas de gestión, liderazgo y las debilidades organizacionales que establecen las condiciones para el desempeño.

- **Descuido:** ocurre cuando la acción física no logra el objetivo inmediato.

- **Desconcentración:** implica una falla en la memoria o el recuerdo del empleado. Los descuidos y desconcentración pueden clasificarse por tipo de comportamiento cuando ocurre con respecto a la manipulación física del equipo de instalación.²²

¹⁹ *Ibíd.*, p. 10.

²⁰ DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Reducing error. En: Human performance improvement handbook. Washington D.C. 2009. Vol. 1. p. 8.

²¹ SENDERS, John and MORAY, Neville. Human Error: Cause, Prediction, and Reduction. 1991.

²² HOLLNAGEL, Erick. Cognitive Reliability and Error Analysis Method. 1998. p. 164.

- **Equivocaciones:** ocurren cuando una persona usa un plan inadecuado para lograr el resultado deseado. Las equivocaciones generalmente implican malas interpretaciones o falta de conocimiento.²³

- **Violaciones:** se caracterizan como la omisión intencional (con previsión) de reglas o políticas conocidas. Una violación implica la desviación deliberada de un comportamiento, política o procedimiento esperado. La mayoría de las violaciones tienen buenas intenciones, derivadas de un deseo genuino de hacer un trabajo de acuerdo con los deseos de la gerencia.²⁴ Reason & Hobbs²⁵ presentan tres *tipos de violaciones*:

- Violaciones rutinarias: estas violaciones son cometidas por los individuos para evitar esfuerzos innecesarios, completar el trabajo rápido, demostrar destreza o para realizar procedimientos laboriosos.
- Violaciones de mejoramiento: estas violaciones son cometidas para parecer un héroe o macho, evitar aburrimiento o simplemente por aventura.
- Violaciones situacionales: algunas veces es imposible realizar el trabajo si los individuos se ciñen a los pasos del procedimiento. En este caso, el problema radica en quienes escriben el procedimiento.

3.4 MODOS DE DESEMPEÑO

Jens Rasmussen²⁶ desarrolló una clasificación de los diferentes tipos de procesamiento de información involucrados en tareas industriales, este sistema de clasificación influyente, es conocido como los modos de desempeño en *destreza, reglas y comprensión*. Estos términos se basan en el procesamiento de información y se refieren al grado de control consciente ejercido por cada individuo sobre sus actividades; por tanto, el nivel de desempeño es una función relacionada con la familiaridad que un individuo tiene con una tarea específica y el nivel de atención (procesamiento de información) que una persona aplica a la

²³ REASON, James. Managing the Risks of Organizational Accidents. 1998. p. 71.

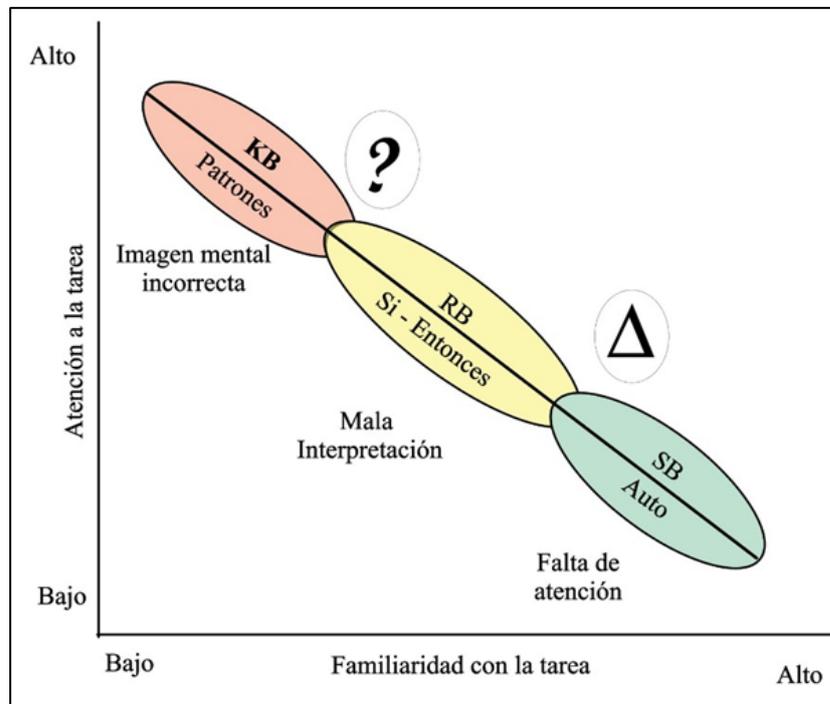
²⁴ HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. Improving Compliance with Safety Procedures, Reducing Industrial Violations. United Kingdom. 1995. p. 6.

²⁵ REASON, James y HOBBS, Alan. Op. cit., p. 55

²⁶ DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Op. Cit., p. 21.

actividad. En la figura 4, DOE define cada uno de los modos de desempeño de las personas al realizar cualquier actividad.

Figura 4. Modos de desempeño de los humanos



Fuente: DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Human performance improvement handbook. p, 21.

3.4.1 Modo de desempeño basado en Destreza/Automático (SB): DOE²⁷ señala que este modo implica acciones frecuentemente realizadas, en su mayoría, acciones físicas en situaciones muy familiares en las que se requiere de mínima concentración; es decir, estas acciones se ejecutan normalmente desde la memoria sin pensamiento consciente o atención. Cabe resaltar que, el comportamiento se rige por las instrucciones preprogramadas, desarrolladas por entrenamiento o experiencia, lo cual se convierte en una amplia práctica de una tarea que se puede llevar a cabo "sin pensar". Varias de las acciones en un día típico se controlan inconscientemente por el instinto humano, tales como el dirigir el teclado, escribir nuestra firma, tomar una ducha o conducir un coche. De este modo, el individuo es capaz de funcionar de manera muy eficaz mediante el uso

²⁷ Ibíd., p. 21.

de secuencias preprogramadas de comportamiento que no requieren de un control más consciente.

3.4.2 Modo de desempeño basado en Reglas o procedimientos (RB): DOE²⁸

explica que las personas pasan al nivel de modo basado en procedimientos/reglas (RB), cuando identifican la necesidad de modificar su comportamiento, en gran medida preprogramado, debido a la toma de decisiones sobre algún cambio en la situación; por tanto, el escenario de trabajo se modifica, de tal manera que la actividad anterior (habilidad) ya no aplica. Puede que con este tipo de circunstancias se hayan encontrado antes o han sido entrenados para hacer frente a un problema que está soportado por algún procedimiento; lo anterior, se conoce como el nivel basado en reglas (RB), en razón a que, las personas aplican reglas memorizados o escritas que pudieron ser aprendidas como resultado de la interacción con la instalación, a través del entrenamiento formal o al realizar la actividad con trabajadores de experiencia.

3.4.3 Modo de desempeño Basado en Comprensión/Entendimiento (KB):

DOE Este modo de desempeño es entendido por Jens Rasmussen como una acción en que las personas realmente no entienden lo que están haciendo; por consiguiente, puede ser descrito como modo de desconocimiento. Este elemento corresponde a la respuesta de una situación totalmente desconocida, en el que la persona debe confiar en su previo conocimiento o aprendizaje, sus percepciones y similitudes con pasadas experiencias. En consecuencia, el individuo entra en modo comprensión (KB) cuando se da cuenta que es incierto o duda sobre lo que debe hacer; por esta razón, la atención de la persona debe ser de alta concentración.

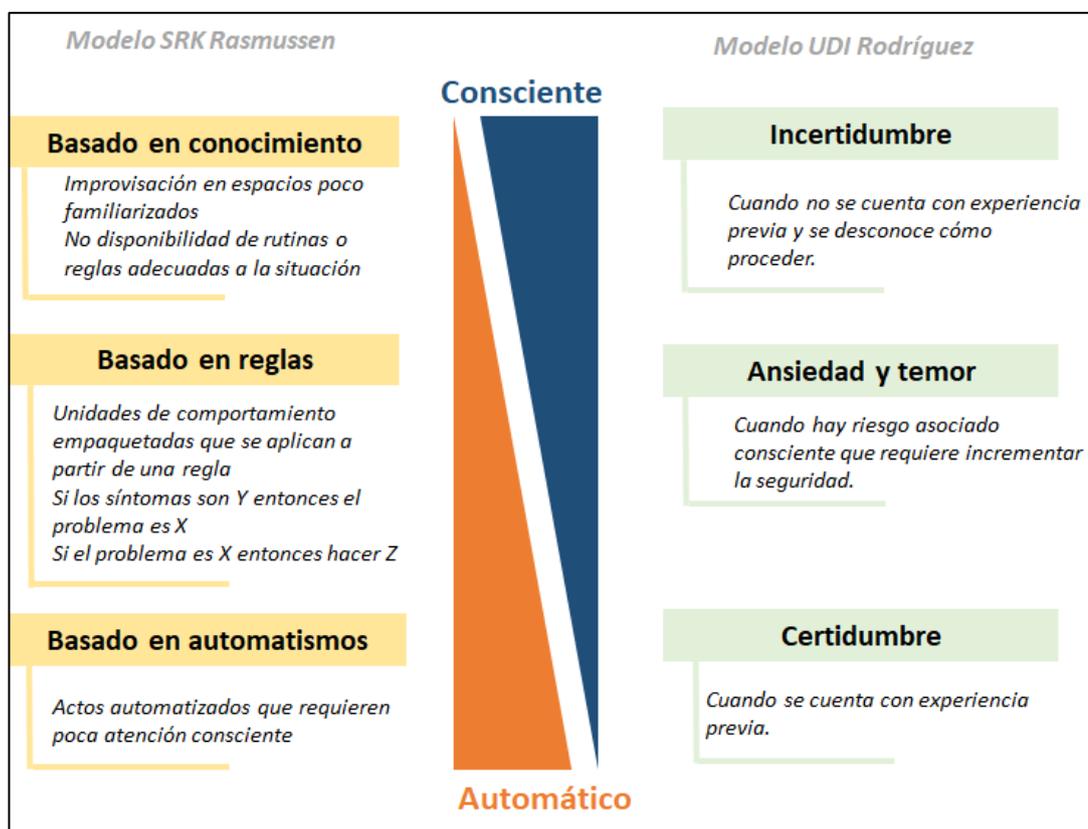
En el trabajo de grado titulado “Confiabilidad humana y su aplicación en la investigación de incidentes y accidentes laborales”²⁹ de la Universidad Católica de Colombia, se realizó una integración de dos modelos: SRK (Destreza, Reglas,

²⁸ *Ibíd.*, p. 23.

²⁹ GARCÍA, Isabel. Confiabilidad humana y su aplicación en la investigación de incidentes y accidentes laborales. Universidad Católica de Manizales. 2018. p. 45.

Conocimiento) de Jens Rasmussen y UDI propuesto por Rodríguez³⁰, dando lugar a una propuesta de análisis para el componente cognitivo y el componente emocional en la toma de decisiones (Ver Figura 5).

Figura 5. Procesos cognitivos y componente emocional en la toma de decisiones



Fuente: GARCÍA, Isabel. Confiabilidad humana y su aplicación en la investigación de incidentes y accidentes laborales. p, 45.

El documento describe el proceso en que un individuo se enfrenta a una situación en la que debe tomar una decisión; para lo cual, presenta los 3 modelos mencionados³¹:

1. Si conoce el proceso y cuenta con experiencia previa de resultados exitosos, aplicará el modo destreza (SB) con toda seguridad.

³⁰ RODRÍGUEZ, Yunier. Modelo de uso de información para la toma de decisiones estratégicas en organizaciones de información cubanas. Universidad de Granda y Universidad de la Habana. 2014.

³¹ *Ibíd.*, p. 45.

2. Si requiere aplicar las reglas o procedimientos (RB) ya establecidas, que explican qué hacer bajo las circunstancias cambiantes, procurará hacerlo experimentando ansiedad y temor porque entiende que de su elección dependen otros procesos.

3. Si se enfrenta a una circunstancia sobre la cual no posee experiencia y/o no se hallan protocolos a seguir, deberá buscar información para construir de manera independiente, un curso de acción definido que puede llegar a ser un éxito o fracaso; y a su vez; equivalente con altos niveles de incertidumbre, que corresponden al modo comprensión (KB).

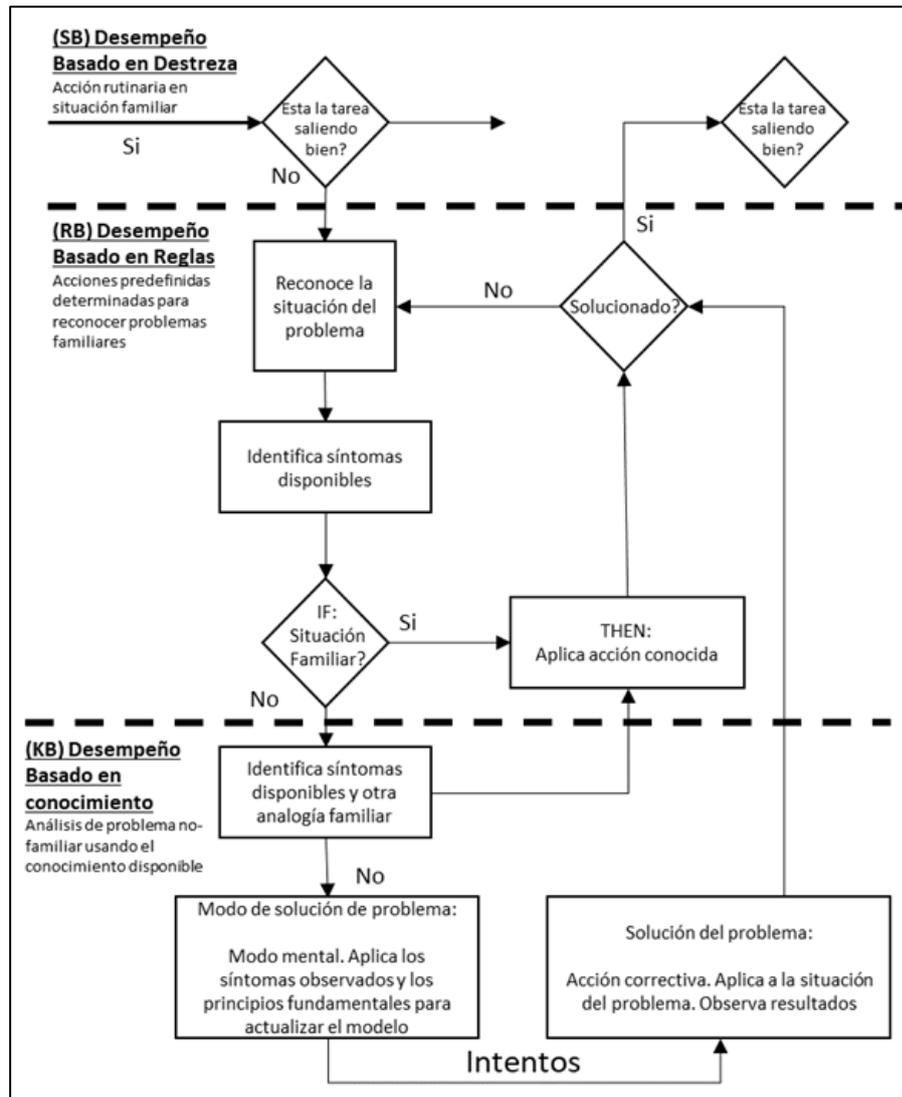
3.5.4 Sistema del Modelo de Error Genérico (GEMS):³² es un método de clasificación de errores propuesto por James Reason y está diseñado para proporcionar una idea de por qué un trabajador puede pasar de un modo de comportamiento basado en destreza/automático (SB), a un modo basado en procedimiento/reglas (RB) y/o a un modo basado en comprensión-entendimiento (KB) (Figura 7). El resultado de GEMS es una taxonomía de tipos de error utilizados para identificar determinantes cognitivos en entornos sensibles al error. GEMS requiere que el analista tenga conocimiento de las tareas bajo escrutinio, con la colaboración de un experto en la materia y una apreciación de los determinantes psicológicos del error. Reason, describe que se pueden producir errores en cada nivel:

- Basado en destreza (SB): *descuidos y desconcentración* (generalmente errores de falta de atención o pensar en otro tema o problema)
- Basado en Reglas (RB): *equivocaciones* (generalmente el resultado de elegir una instrucción inapropiada). Causados por una visión errónea del estado, coincidencia de patrones excesivamente dudosos, toma de riesgos y reglas deficientes
- Basado comprensión (KB): *errores* debidos a una comprensión incompleta/inexacta del sistema, sesgo de confirmación, exceso de confianza y tensión cognitiva.

³² REASON, James. Human Error. United Kingdom: Cambridge University Press. 1990. p. 61-68

La Figura 6, representa el Sistema del Modelos de Error Genérico (GEMS) desarrollado por James Reason y en la figura 7 se relaciona la clasificación de los errores según el modelo GEMS³³.

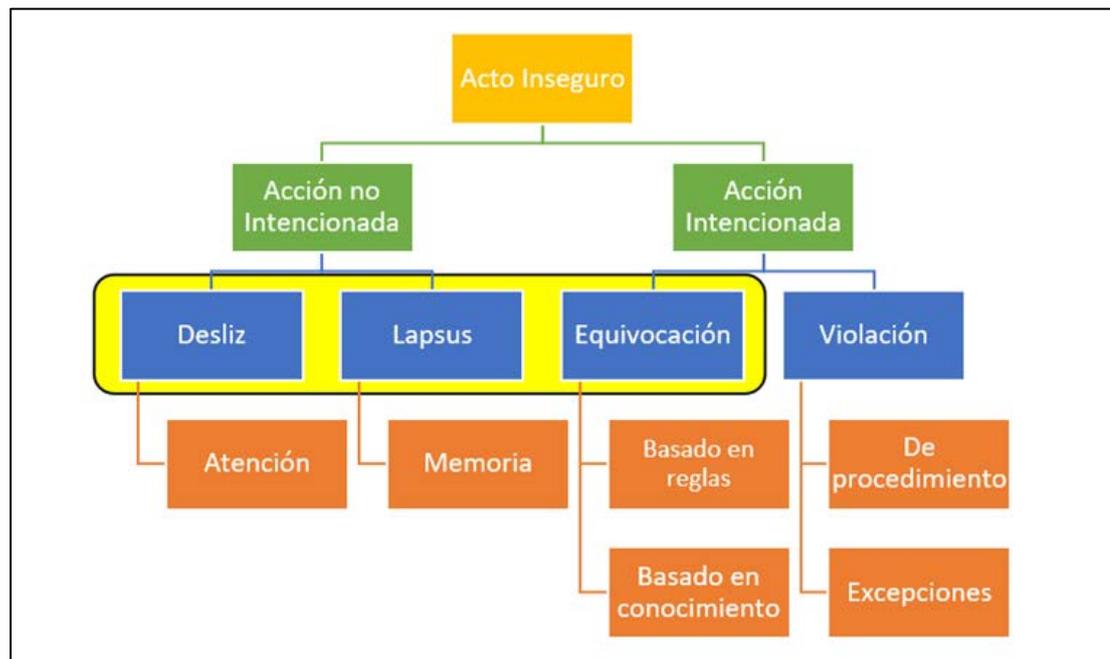
Figura 6. Sistema del Modelos de Error Genérico (GEMS)



Fuente: DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Human performance improvement handbook. p, 20.

³³ Ibid., p. 61-68.

Figura 7. Clasificación de los errores según el modelo GEMS



Fuente: DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Human performance improvement handbook. p, 20.

3.5 GENERALIDADES SOBRE LOS ERRORES

3.5.1 Errores activos – Errores latentes. Según DOE³⁴, los *errores activos* son acciones físicas observables que cambian el estado del equipo, del sistema o de la instalación, lo cual resulta en consecuencias no deseadas inmediatas³⁵; asimismo, explica que la característica con que se evidencia la activación del error es el resultado inmediato desfavorable para el equipo y/o el personal de la instalación. Los trabajadores de primera línea cometen la mayoría de los errores activos porque son los que están en contacto con el equipo.

Igualmente, DOE explica que los *errores latentes* resultan en debilidades ocultas relacionadas con la organización o fallas de equipo que permanecen inactivas³⁶, tales errores pasan desapercibidos en el momento en que ocurren y no reflejan un resultado inmediato para la instalación o el personal. Las condiciones latentes

³⁴ *Ibíd.*, p. 8.

³⁵ CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety, American Institute of Chemical Engineers. 1994.

³⁶ RUMMLER, Geary y BRACHE, Alan. Improving Performance: How to Manage the White Space in the Organization Chart. 1990. p. 73.

incluyen acciones, directrices y decisiones que crean las condiciones previas para el error o presentan fallas en prevenir, atrapar o mitigar los efectos del error en la instalación física.

En la Tabla 2, DOE resume las características generales de cada tipo de error.

Tabla 2. Características generales de cada tipo de error

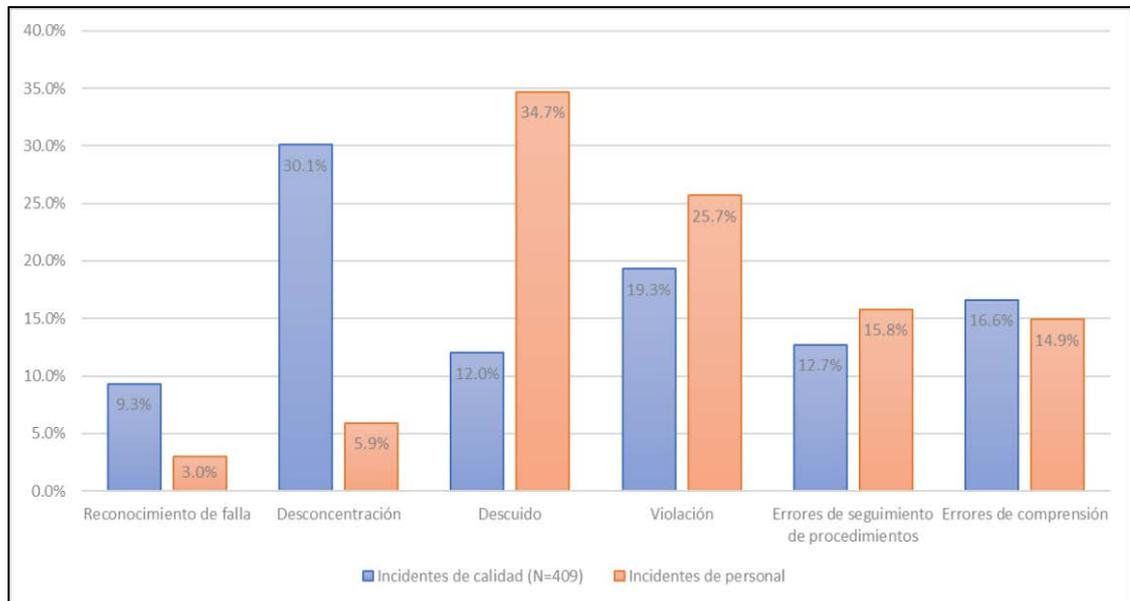
	Errores Activos	Errores Latentes
Quién	Trabajadores	Gerentes, ingenieros, trabajadores, corporación
Qué	Equipos	Papeles, valores y creencias
Cuando	Inmediatamente	Tarde o latente
Visible	Si	No

Fuente: DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Human performance improvement handbook. p, 9.

3.5.2 Consecuencia de los errores de mantenimiento. Reason & Hobbs³⁷, destacan que el entendimiento de las formas de error es relevante, debido a los diferentes errores que ocasionan variadas consecuencias. Un estudio de mantenimiento en la aviación de Australia, concluyó que el error más común que produjo incidentes de calidad fue la *desconcentración*, representando cerca de un tercio de los errores en este grupo; adicional a la frecuencia en factores como: *violaciones* y *equivocaciones* por modo comprensión (KB) (ver Figura 8). En comparación con los incidentes que causaron lesiones a los trabajadores, el *descuido* fue el error más frecuente, así como *violaciones* y *equivocaciones* en modo reglas (RB) y modo compresión (KB); sin embargo, la *desconcentración* raramente conllevó a lesiones del personal. Reason y Hobbs, concluyen que los errores que causan lesión a los trabajadores pueden ser diferentes a los errores que afectan la calidad del mantenimiento, ambas consecuencias deben ser manejadas por medio de acciones diferenciadas en cada situación.

³⁷ REASON, James y HOBBS, Alan. Op. cit., p. 59

Figura 8. Comparación de los tipos de error que resultan en incidentes de calidad y lesiones de trabajadores



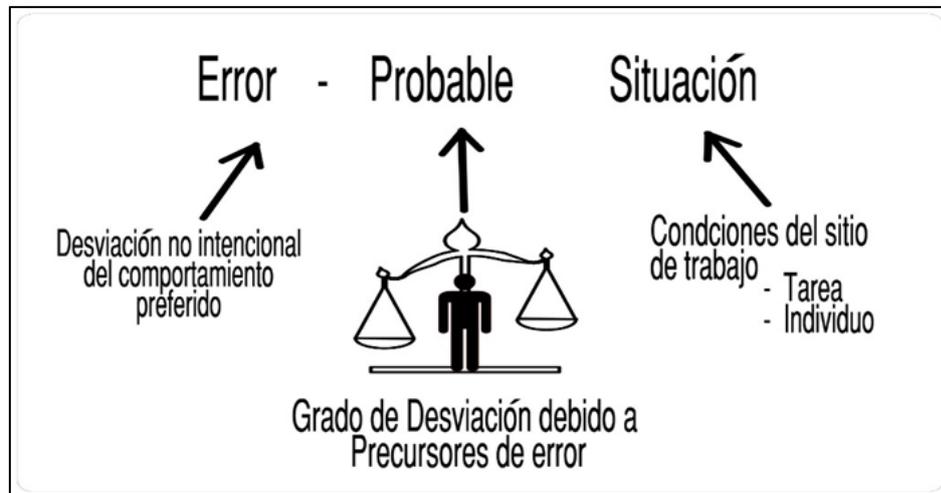
Fuente: REASON, James y HOBBS, Alan. Guía práctica para la gestión de errores de mantenimiento. p, 59.

3.5.3 Situaciones probables de error. El DOE define las situaciones de error probable como “la situación de trabajo en que hay una gran posibilidad de error cuando se realiza una acción o tarea específica en presencia de precursores de error”³⁸. Asimismo, describe que en el segundo principio de desempeño humano “las situaciones de error probable son *predecibles, manejables y prevenibles*”³⁹. Una situación de error probablemente entra en juego cuando los factores relacionados con la tarea exceden las capacidades de la persona, creando así, una falta de consciencia en el momento en el que el individuo entra en contacto con las partes físicas o de papeles de la planta. Por tanto, la presencia de condiciones adversas no puede ser un error probable, a menos que una acción específica vaya a ocurrir dentro de ese conjunto de condiciones adversas. Una representación de las situaciones de error probable desarrollada por el DOE, se muestra en la Figura 9.

³⁸ U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Op. Cit., p. 30.

³⁹ *Ibíd.*, p. 30.

Figura 9. Situaciones de error probable



Fuente: DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Human performance improvement handbook. p, 30.

3.5.4 Precusores comunes de error. El DOE⁴⁰ precisa que los precusores de error no son misteriosos u oscuros; por el contrario, son notables e incluso obvios, si las personas los buscan. A su vez, DOE presenta los principales precusores de error (32 en total), clasificados en cuatro áreas: *demanda de la tarea, capacidades individuales, ambiente de trabajo y naturaleza humana*. Estos precusores fueron compilados por DOE, a partir de un análisis de la base de datos de eventos de INPO y de fuentes de factores humanos como: ergonomía y rendimiento humano. La tabla 3 presenta los 32 precusores de error consolidados por DOE.

⁴⁰ *Ibíd.*, p. 32.

Tabla 3. Precusores de error comunes identificados por DOE

Tareas exigidas	Capacidades individuales
1. Presión del tiempo (apresurarse)	1. Ninguna familiaridad con la tarea/Primera vez
2. Alta carga de trabajo (alta memoria)	2. Falta de conocimiento (modelo mental defectuoso)
3. Simultáneo, múltiples acciones	3. Nuevas técnicas/no implementadas con anterioridad
4. Acciones repetitivas/Monotonía	4. Hábitos de comunicación imprecisos
5. Acciones irreversibles	5. Falta de dominio/inexperiencia
6. Requisitos de interpretación	6. Débiles habilidades de resolución de problemas
7. Objetivos, roles o responsabilidades poco claros	7. Actitudes inseguras
8. Falta de o confusos estándares	8. Enfermedad o fatiga/salud débil en general o lesiones
Ambiente de trabajo	Naturaleza Humana
1. Distracciones/interrupciones	1. Estrés
2. Cambios/Salir de la rutina	2. Patrones de hábitos
3. Monitores o controles confusos	3. Supuestos
4. Soluciones alternativas/Instrumentación	4. Complacencia/exceso de confianza
5. Sistema oculto/respuesta del equipo	5. Mentalidad (intenciones)
6. Condiciones inesperadas del equipo	6. Percepción errónea del riesgo
7. Falta de indicaciones alternativas	7. Atajos mentales o sesgos
8. Conflicto de personalidad	8. Memoria de corto plazo

Fuente: DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Human performance improvement handbook. p, 32.

3.5.5 Precondiciones de error más comunes, La “Docena Maligna” o “The Dirty Dozen”. Algunas de las causas comunes de error en mantenimiento, son identificadas en inglés como *Dirty Dozen*⁴¹ (Docena Maligna), estas actúan como precursores de error humano para accidentes o fallas. La lista fue definida por Gordon Dupon en el año 1993, incluye 12 causas y fue extraída a partir de sus experiencias de trabajo en la industria del transporte en Canadá. Sus apreciaciones han sido ampliamente adoptadas en el área de mantenimiento de aviones, como un elemento fundamental para entrenamientos de D.H. Inicialmente, el documento fue desarrollado para mantenimiento de aeronaves; por consiguiente, es posible hallar el listado en los entornos de mantenimiento y operación de la industria de aviación*. La lista de los 12 precursores mencionada con anterioridad incluye elementos como⁴²:

1. Estrés: es una parte normal de la vida cotidiana, hasta que se convierte una condición excesiva. Con el fin de reconocer cuándo se está volviendo excesivo, recomiendan analizar cómo el estrés puede afectar su trabajo, tomarse un tiempo libre o un breve descanso periódico, discutir los problemas con alguien, solicitar a los compañeros de trabajo que supervisen las labores realizadas.
2. Falta de comunicación: la falta de comunicación puede ser verbal o escrita, o una combinación de ambas. Por ello recomiendan utilizar bitácoras y hojas de trabajo para eliminar dudas, discutir el trabajo a realizar o lo que se ha completado y nunca asumir nada.
3. Fatiga: es una causa silenciosa, en razón que cuando es extrema, la persona generalmente no es consciente de los motivos por los cuales se encuentra fatigada. Algunas recomendaciones se centran en permanecer consciente sobre

⁴¹ DUPONT, G. (1997) The Dirty Dozen Errors in Maintenance. En: Human Error In Aviation Maintenance. 1997. p. 42

(*) El Dirty Dozen es implementado por la Sociedad de Seguridad de Rampa y Mantenimiento, utilizado como posters en las áreas de trabajo de mantenimiento y operación de aeronaves (MARSS - <http://www.marss.org/>)

⁴² CIVIL AVIATION AUTHORITY. Apendix H, The “Dirty Dozen”. En: Aviation maintenance human factors (JAA JAR145). 2002. p. 1-5

los síntomas, dormir y hacer ejercicio regularmente, pedir la supervisión de los compañeros de trabajo.

4. Complacencia o exceso de confianza: los dos factores son causales indirectas de contribuir a un error de juicio, a partir de la repetición constante de las inspecciones de mantenimiento y no identificar las fallas de forma objetiva. Por tanto, sugieren el auto entrenamiento para encontrar los errores y nunca firmar actividades que no ha realizado.

5. Distracción: se considera que este causal provoca aproximadamente el 15% de los errores de mantenimiento; lo anterior, se concluye en razón a que, una vez el trabajador abandona una tarea por cualquier motivo, regresará pensando que está más avanzado de lo que es. Al respecto, recomiendan culminar la labor que se está realizando, marcar la tarea que se dejó incompleta y utilizar una hoja de verificación detallada.

6. Normas o costumbres: las normas se desarrollan dentro de un grupo y orientan el comportamiento de este. Por ello, se debe trabajar según las instrucciones y tener en cuenta que las normas/costumbres hacen correcta la labor.

7. Presión: es necesario reconocer cuándo la presión se vuelve excesiva o poco realista; por tanto, sugieren aprender a reconocer cuando la presión es autoinducida, se deben comunicar las inquietudes, pedir ayuda adicional y aprender a decir no.

8. Falta de recursos: existen momentos en que faltan recursos en las organizaciones y la toma de decisiones se vuelve compleja. En consecuencia, sugieren verificar las áreas dudosas al comienzo de la inspección o reparación, ordenar y almacenar piezas previo a la actividad; conocer todas las fuentes de repuestos disponibles y organizarlas, mantener un estándar y, en caso de presentar dudas, detener el trabajo.

9. Falta de conocimiento: cuando se combina con la actitud de "yo puedo", por parte de la mayoría del personal de mantenimiento, se vuelve aún más probable.

En este sentido, es necesario obtener capacitación sobre el trabajo específico, utilizar manuales actualizados, preguntar a alguien que sabe de la tarea.

10. Falta de percepción o conciencia: esto a menudo le ocurre al personal de mantenimiento con amplia experiencia, debido a que no consideran las posibles consecuencias del trabajo que están realizando. Por ello, es conveniente analizar lo que puede ocurrir en caso de accidente, verificar si el desarrollo de la labor entrará en conflicto con una modificación o reparación existente, preguntar a otros si perciben problemas con el trabajo efectuado.

11. Falta de trabajo en equipo: esta causa a menudo está relacionada con la falta de comunicación y puede ser responsable de errores relevantes; al respecto, dado que el mantenimiento a menudo involucra múltiples disciplinas, el trabajo en equipo es esencial. Por lo cual, recomiendan discutir qué, quién y cómo se debe realizar una labor, asegurarse que todos los miembros comprendan y estén de acuerdo.

12. Falta de determinación o asertividad: se considera que el técnico o ingeniero de mantenimiento promedio, no es una persona asertiva y la mayoría de las veces, su trabajo no requiere que lo sea; sin embargo, cuando algo no sale bien, tendrá que asegurarse que el problema no pase por alto. Es indispensable que el trabajador sea crítico y se niegue a violar sus estándares.

3.5.6 factores locales que conllevan al error. Reason y Hobbs,⁴³ explican que las condiciones que pueden conllevar a errores en el lugar de trabajo están comúnmente relacionadas con factores locales, lo cual significa que están presentes en las inmediaciones cercanas en el momento del error. La Figura 10 presenta los tipos de error mencionados con anterioridad.

⁴³ REASON, James y HOBBS, Alan. Op. cit., p. 63

Figura 10. Errores de mantenimiento (caja central) en el contexto de factores locales de generación de errores



Fuente: REASON, James y HOBBS, Alan. Guía práctica para la gestión de errores de mantenimiento. p, 63.

3.5.7 Principios del desempeño humano. DOE define con cinco frases⁴⁴, los principios o verdades subyacentes de la actuación humana:

- Las personas se pueden equivocar, e incluso las mejores personas cometen errores.
- Las situaciones de error probable son predecibles, manejables, y prevenibles.
- El comportamiento individual está influenciado por procesos y valores de la organización.
- Las personas alcanzan altos niveles de rendimiento debido al estímulo y asistencia recibido de los líderes, compañeros y subordinados.
- Los eventos no deseados, pueden ser evitados mediante el entendimiento de las razones por las que los errores ocurren y la aplicación de las lecciones aprendidas de los eventos pasados (o errores).

La excelencia en el desempeño humano solo puede evidenciarse cuando los individuos en todos los niveles de la organización aceptan estos principios y reconocen los conceptos y prácticas que los soportan. Estos principios según DOE, son los cimientos para los comportamientos descritos y la integración de

⁴⁴ DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Introduction to human performance overview. En: Human performance improvement handbook. Washington D.C. 2009. Vol. 1. p. 19.

estos principios, manifestados en las prácticas de gestión y de liderazgo, las prácticas de los trabajadores, los procesos y valores de la organización; juegan un papel decisivo en el desarrollo de una filosofía de trabajo y la aplicación de estrategias para mejorar el desempeño humano dentro de la organización.

3.6 ACERCAMIENTO SISTEMÁTICO PARA LA INVESTIGACIÓN DE FACTORES HUMANOS

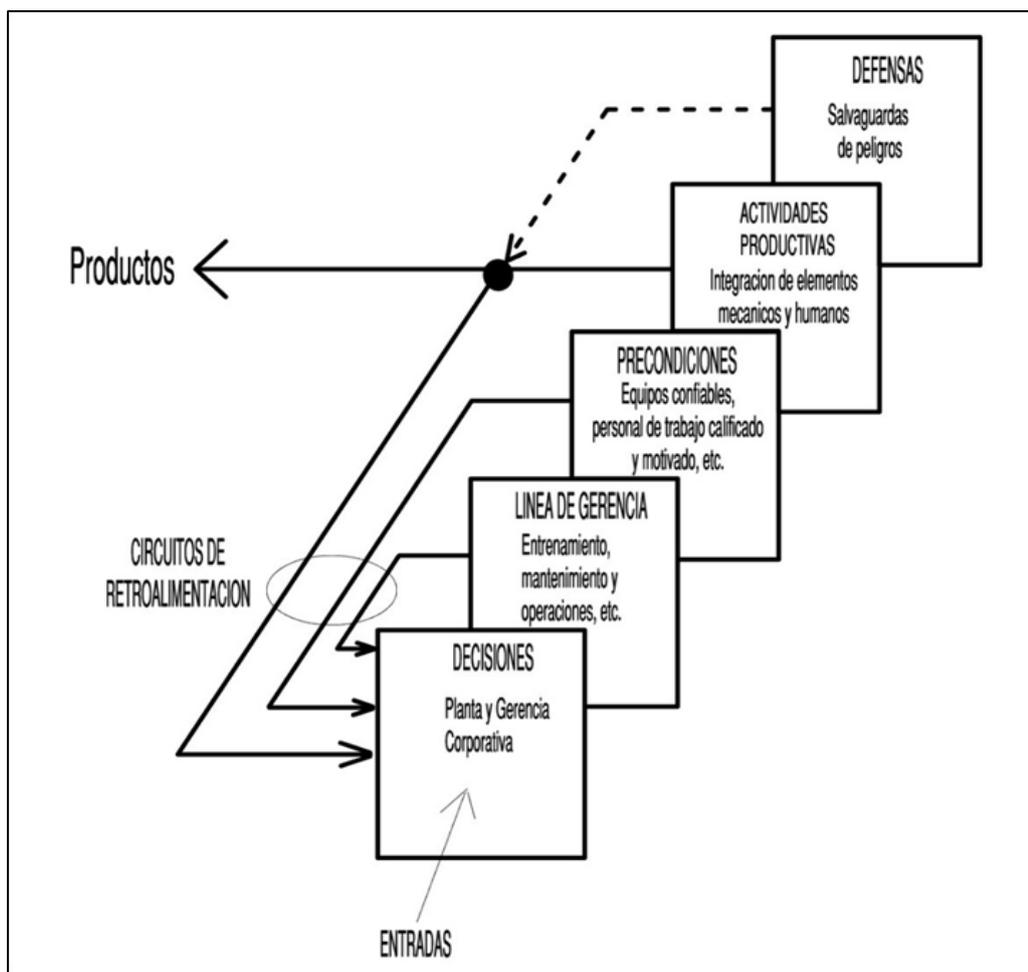
Reason⁴⁵ propone un enfoque sobre la causalidad del accidente, representado en la Figura 11. En esta gráfica, Reason considera que la industria de la aviación es un sistema productivo complejo, donde uno de los elementos básicos del sistema consiste en los tomadores de decisiones (la alta gerencia, el organismo corporativo de la compañía o la entidad reguladora), quienes son responsables de establecer objetivos y de administrar los recursos disponibles para lograr y equilibrar dos objetivos distintos:

1. El objetivo de seguridad
2. El objetivo de transporte de pasajeros y carga a tiempo y de manera rentable

Un segundo elemento clave es la gestión de línea, se relaciona con la implementación de las decisiones tomadas por la alta dirección. Al respecto, para que las decisiones de la alta dirección y las acciones de gestión de línea resulten en actividades eficaces y productivas, por parte de la fuerza laboral involucrada, deben existir ciertas condiciones previas; por ejemplo, el equipo debe estar disponible y ser confiable, la fuerza laboral debe ser hábil, conocedora, motivada y las condiciones ambientales deben ser seguras. El componente final (defensas o salvaguardas), generalmente está en su lugar para evitar lesiones previsibles, daños o interrupciones costosas del servicio.

⁴⁵ REASON, James. Op. Cit., p. 302.

Figura 11. Componentes básicos de cualquier sistema productivo⁴⁶



Fuente: REASON, James. Human Error. p, 302.

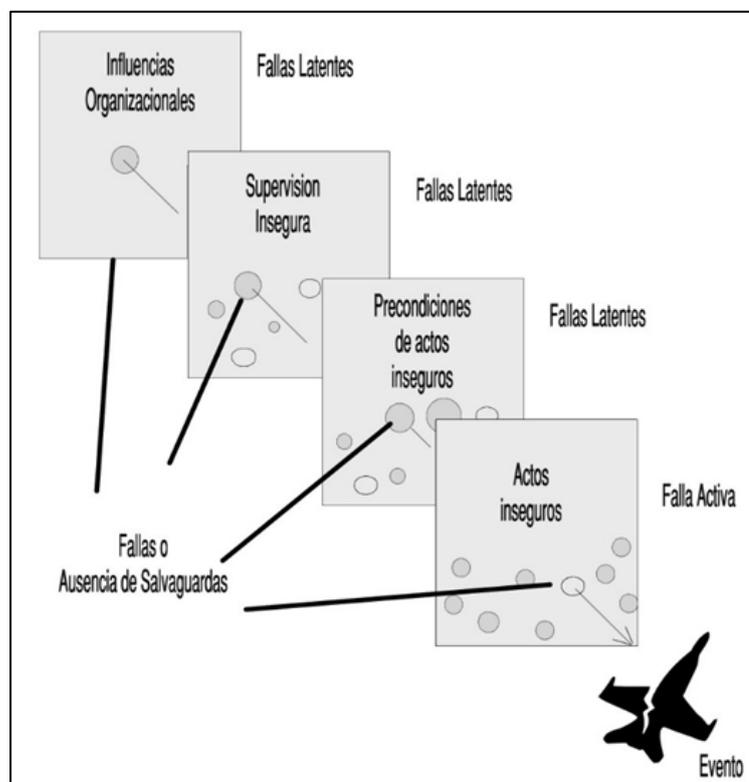
En este modelo, Reason proporciona orientación en la formulación de medidas preventivas, al igual que para la investigación de accidentes; lo anterior, dado que varios de los precursores psicológicos y actos inseguros, son el resultado de decisiones tomadas previamente y por lo cual toma sentido concentrar las medidas preventivas en los riesgos creados o ignorados por los niveles superiores de gestión. Si el análisis se enfoca en el error específico de un individuo y no considera las decisiones de nivel superior, los logros serán mínimos para abordar las responsabilidades subyacentes al identificar, eliminar o mitigar los efectos de los peligros. Las medidas preventivas en caso de accidente pueden ser paralelas al enfoque de James Reason, sobre el papel

⁴⁶ *Ibíd.*, p. 302.

desempeñado por los circuitos de retroalimentación en el control de operaciones seguras

3.6.1 Modelo de James Reason “Queso Suizo”. Un enfoque particularmente atractivo para la génesis del error humano es el propuesto por James Reason (1990)⁴⁷, generalmente conocido como el modelo de error humano o "queso suizo", donde describe cuatro niveles de falla humana; cada uno de los cuales se evidencia en la Figura 12.

Figura 12. Modelo del “Queso Suizo” de causación del error humano según Reason



Fuente: REASON, James. Human Error.

Recopilando los sucesos del accidente, el primer nivel representa los *actos inseguros* de los operadores, que finalmente condujeron al mismo; este caso es comúnmente conocido en la aviación como error de la tripulación aérea/piloto, en este nivel se han centrado los esfuerzos para investigar los accidentes y

⁴⁷ REASON, James. Op. Cit.

descubrir la mayoría de los factores causales. Dentro de este concepto, Reason describe tres niveles de *fallas latentes* causantes de fallas humanas; el primero, involucra la condición de la tripulación que afecta el desempeño, conocido como *precondiciones de actos inseguros*, este nivel involucra condiciones tales como fatiga mental y malas prácticas de comunicación y coordinación, a menudo denominadas gestión de recursos de la tripulación (CRM). En segundo lugar, se halla la *supervisión insegura*, responsable de la coordinación y planeación de los trabajos; en tercer lugar, se encuentran las *influencias organizacionales*, que impactan todos los niveles de la organización.

3.7. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE FACTORES HUMANOS – HFACS

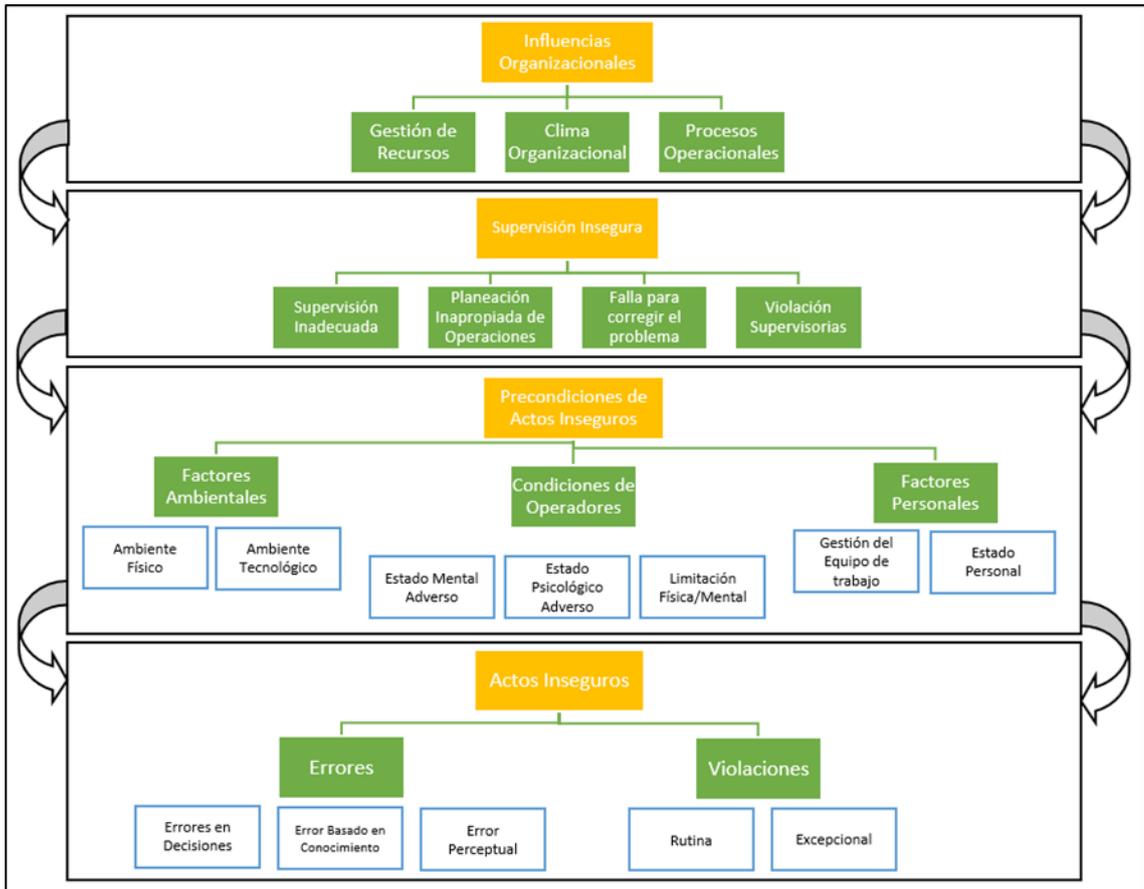
El Sistema de Análisis y Clasificación de Factores Humanos⁴⁸, es una taxonomía que describe los factores humanos que contribuyen a un accidente o incidente; por tanto, se basa en una teoría secuencial o de cadena de eventos de la causalidad del accidente y se derivó del modelo de accidente de Reason descrito anteriormente. El sistema de clasificación tiene cuatro niveles, cada uno influye en el siguiente nivel. Los cuatro niveles se denominan:

- 1) Influencias organizacionales
- 2) Supervisión insegura
- 3) Condiciones previas para actos inseguros
- 4) Actos inseguros de los operadores

Dentro de estos cuatro niveles, hay numerosas subcategorías que describen aún más el factor humano contribuyente. El marco HFACS se presenta en la Figura 13.

⁴⁸ SHAPPELL, Scott. y WIEGMANN, Douglas. The Human Factors Analysis and Classification System–HFACS. Department of Transportation Federal Aviation Administration. Washington D.C. p. 3.

Figura 13. Diagrama de flujo del sistema de clasificación y análisis de factores humanos



Fuente: SHAPPELL, Scott. y WIEGMANN, Douglas. The Human Factors Analysis and Classification System–HFACS.

3.7.1 Actos inseguros: Según James Reason⁴⁹, los actos inseguros de la tripulación aérea pueden clasificarse en dos categorías: errores y violaciones. En general, los errores representan las actividades mentales o físicas de los individuos que no logran el resultado deseado. Las violaciones, por otro lado, se refieren al no seguimiento voluntario de las reglas y regulaciones que rigen la seguridad. Las categorías de errores y violaciones son especificadas en la Tabla 4.

⁴⁹ *Ibíd.*, p. 3.

Tabla 4. Ejemplos de actos inseguros de pilotos⁵⁰

ERRORES	VIOLACIONES
<p>Errores basados en Destreza (SB) Ruptura del escáner visual Falló al centrar la atención Distracción al usar los controles de vuelo Omitió un paso en el procedimiento Omitió un punto de la lista de verificación</p> <p>Técnicas mediocres Sobre controlar la aeronave</p> <p>Errores de Decisión</p> <p>Procedimiento inapropiado Diagnóstico erróneo de emergencia Respuesta equivocada a la emergencia Habilidad excedida Maniobra inapropiada Decisión mediocre</p> <p>Errores de percepción (debido a) Calcular erróneamente la distancia/altitud/velocidad aerodinámica Desorientación espacial Ilusión visual</p>	<p>Fallas al adherirse a la instrucción Falló al utilizar el altímetro de radar Voló a una cercanía desautorizada Reglas de entrenamiento violadas Maniobras muy agresivas Falló al prepararse apropiadamente para el vuelo Vuelo desautorizado no informado No apto/calificado para la misión Excedió intencionalmente los límites de la aeronave Continuo vuelo a baja altitud en condiciones meteorológicas Descenso no autorizado a baja altitud</p>

Fuente: SHAPPELL, Scott. y WIEGMANN, Douglas. The Human Factors Analysis and Classification System–HFACS. p, 4.

3.7.2 Pre-Condiciones de actos inseguros: Reason⁵¹ considera que los actos inseguros de los pilotos pueden estar directamente relacionados con casi el 80% de todos los accidentes de aviación; sin embargo, enfocarse únicamente en los actos inseguros, es cómo centrarse en la fiebre, sin comprender la enfermedad subyacente que la causa. La tabla 5 representa un ejemplo de las precondiciones de actos inseguros.

⁵⁰ Ibid., p. 4.

⁵¹ Ibid., p. 6.

Tabla 5. Ejemplos de precondiciones de actos inseguros de pilotos

CONDICIONES DEFICIENTES DE LOS OPERADORES	PRÁCTICA DEFICIENTE DE LOS OPERADORES
<p>Estados mentales adversos Atención canalizada Complacencia Distracción Fatiga mental Prisa Pérdida de conciencia situacional Motivación inapropiada Saturación de tareas</p> <p>Estados psicológicos adversos Estado psicológico deteriorado Enfermedad médica Incapacidad psicológica Fatiga física</p> <p>Limitación física/mental Tiempo de reacción insuficiente Limitación visual Inteligencia/aptitud incompatible Capacidad física incompatible</p>	<p>Administración de recursos humanos Fallas en los refuerzos Fallas al comunicar/coordinar decisión apresurada por querer llegar a casa Fallas al utilizar los recursos disponibles Falta de liderazgo Mala interpretación de las llamadas de vuelo</p> <p>Preparación personal Excesivo entrenamiento físico Automedicación Violación del requisito de descanso del equipo</p>

Fuente: SHAPPELL, Scott. y WIEGMANN, Douglas. The Human Factors Analysis and Classification System–HFACS. p, 7.

3.7.3 Supervisión Insegura: Además de los factores causales asociados con el piloto/operador, Reason⁵² trazó la cadena de eventos causales hasta la cadena de mando de supervisión. En la tabla 6, se presentan cuatro categorías de supervisión insegura: supervisión inadecuada, operaciones planificadas inapropiadas, falla para corregir un problema conocido y violaciones de supervisión.

⁵² *Ibíd.*, p. 9.

Tabla 6. Ejemplos de supervisión insegura

Supervisión inadecuada	Fallar al corregir un problema conocido
Fallar al proporcionar orientación	Fallo en corregir un documento con error
Fallo al proporcionar la doctrina operacional	Fallo en identificar un riesgo de vuelo
No proporcionar supervisión	Fallo en iniciar una acción correctiva
No proporcionar entrenamiento	Fallo en reportar tendencias inseguras
Fallar al monitorear	Violaciones de supervisión
Fallar al monitorear	Peligro innecesario autorizado
Operaciones planeadas de forma inapropiada	Fallo en reforzar las reglas y regulaciones
Fallar al proporcionar datos correctos	Autorizo cuadrilla de vuelo no calificada
Fallar al proporcionar	

Fuente: SHAPPELL, Scott. y WIEGMANN, Douglas. The Human Factors Analysis and Classification System–HFACS. p, 10.

Todd Conklin⁵³ analiza el modo en que los líderes reaccionan a las fallas o potenciales fallas, con el fin de identificar qué tan seguras están operando sus facilidades. Todd recomienda que la organización debe entrenar a los supervisores, gerentes y líderes en cómo responder de manera óptima para aportar al aprendizaje en la organización de cada evento, debido a que su respuesta es relevante en el proceso; para ello, Todd propone una herramienta o carta de bolsillo con ocho preguntas que se deben formular a los trabajadores de la compañía en su debido orden, en caso de ser notificados con un suceso inesperado y entregar sus respuestas directamente a los líderes, gerentes y supervisores. Las ocho preguntas en su orden de aplicación son⁵⁴:

1. ¿Las personas están bien?
2. ¿Está la facilidad segura, asegurada y estable?
3. ¿Cuénteme la historia de lo que ocurrió?
4. ¿Que pudo haber pasado?
5. ¿Qué factores conllevaron a este evento?

⁵³ CONKLIN, Todd. Pre-accident investigations book. 2012. Routledge. p. 38-40

⁵⁴ *Ibíd.*, p. 40.

6. ¿Qué funciono? ¿Que no funciono?
7. ¿Dónde más podría esto ocurrir?
8. ¿Qué más debería saber acerca de este evento?

Por medio de estos cuestionamientos, el personal tendrá un óptimo entendimiento del evento y los líderes podrán identificar e implementar mejoras sistemáticas, con el objetivo de incrementar la confiabilidad de las facilidades y de los equipos, evitando a su vez, accidentes en los trabajadores.

3.7.4 Influencias Organizacionales: Como se señaló anteriormente, las decisiones erróneas de la gerencia de nivel superior afectan directamente las prácticas de supervisión; así como, las condiciones y acciones de los operadores. Desafortunadamente, estos errores organizacionales a menudo pasan desapercibidos para los profesionales de seguridad, debido en gran parte, a la falta de un marco objetivo/técnico desde el cual investigarlos. En términos generales, las fallas latentes más esquivas giran en torno a cuestiones relacionadas con la gestión de recursos, el clima organizacional y los procesos operativos. En la Tabla 7, se muestra un ejemplo de influencias organizacionales.

Tabla 7. Ejemplos de influencias organizacionales

Gestión de recursos/adquisiciones	Proceso organizacional
<i>Recursos Humanos</i>	<i>Operaciones</i>
Selección	Ritmo operacional
Personal/dotación	Presión del tiempo
Entrenamiento	Cuotas de producción
<i>Recursos / Presupuesto</i>	Incentivos
Reducción de costos excesiva	Medición/evaluación
Falta de fondos	Programación
<i>Equipos/instalación de recursos</i>	Planeación deficiente
Diseño mediocre	<i>Procedimientos</i>
Compra inadecuada de equipos	Estándares
Clima organizacional	Objetivos definidos
<i>Estructura</i>	Documentación
Cadena de mando	Instrucciones
Delegación de autoridad	<i>Descuido</i>
Comunicación	Gestión de riesgos
Responsabilidad formal por las acciones	Programas de seguridad
<i>Políticas</i>	
Contratación y despido	
Promoción	
Drogas y alcohol	
<i>Cultura</i>	
Normas y reglas	
Valores y creencias	
Justicia organizacional	

Fuente: SHAPPELL, Scott. y WIEGMANN, Douglas. The Human Factors Analysis and Classification System–HFACS. p, 12.

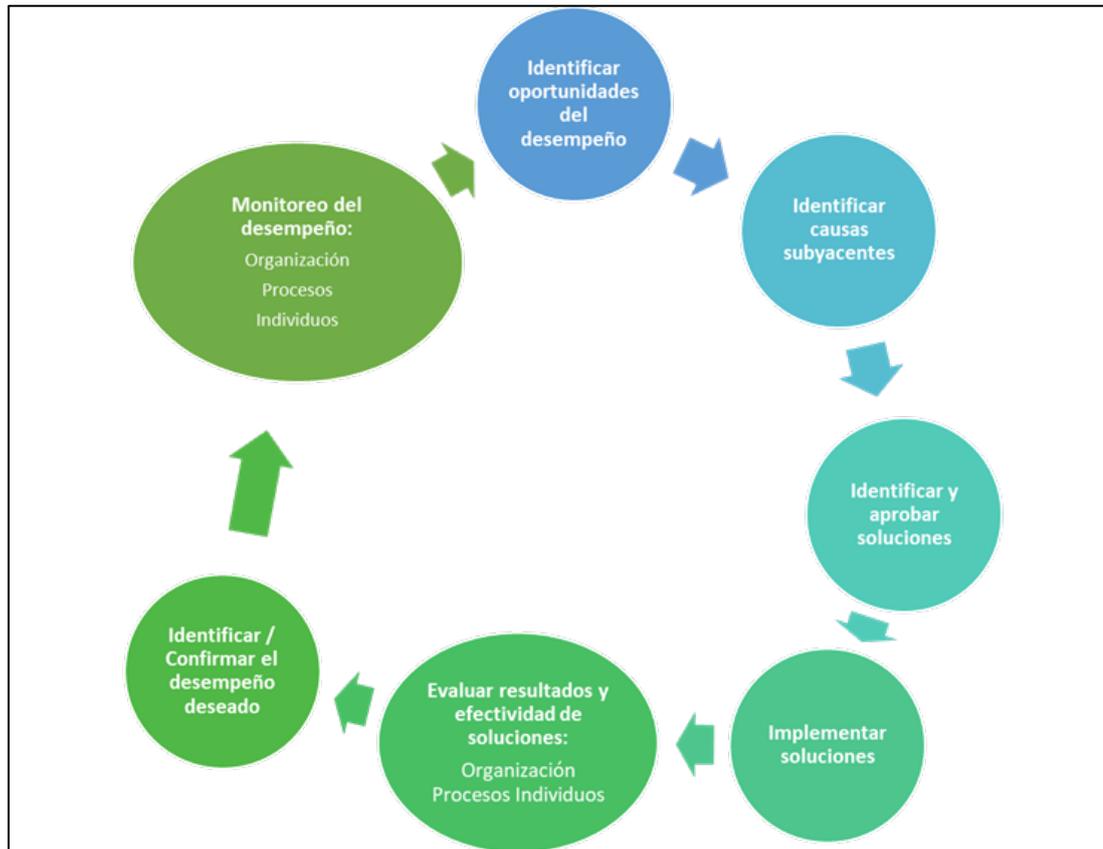
3.8 GESTIÓN DEL DESEMPEÑO HUMANO

De acuerdo con Internacional Atomic Energy Agency (IAEA)⁵⁵, la contribución del DH a la ocurrencia de eventos significativos y, en consecuencia, a la mejora general del desempeño en el campo nuclear, ha sido bien documentada. La experiencia de la industria nuclear muestra que, dentro de las centrales nucleares, el 80% de los eventos importantes se pueden atribuir a errores humanos; por ello, desarrollaron una guía práctica que ayudaría a mejorar los sistemas y procesos para mejorar el desempeño humano de las instalaciones nucleares. En la Figura 14, se define un modelo de mejora del desempeño.⁵⁶

⁵⁵ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Managing human performance to improve nuclear facility operation. Viena. 2013. p. 1.

⁵⁶ *Ibíd.*, p. 10.

Figura 14. Modelo de mejora del desempeño



Fuente: International Atomic Energy Agency. Managing human performance to improve nuclear facility operation. p, 10.

La IAEA⁵⁷ explica que para tener éxito en lograr la excelencia en el DH y reducir los errores, el contexto de la mejora del desempeño general de la instalación debe ser claramente identificado, comunicado y entendido por todos los niveles de la organización. La mejora del rendimiento puede entenderse como un proceso sistemático que, si tiene éxito, dará los como resultado:

- Reducción en el número y consecuencias de eventos significativos
- Mayor participación de los empleados en la organización para lograr sus objetivos
- Mejora de los procesos centrales y de apoyo en la organización

⁵⁷ Ibid., p. 9.

- Atención a los problemas en un nivel inferior antes de que se conviertan en problemas importantes
- Mejora en la calidad y seguridad
- Reducción de los costos operativos totales
- Mayor confianza de las partes interesadas en la organización

Los pasos identificados y recomendados por IAEA para el ciclo del mejoramiento del DH, se señalan a partir de siete elementos y son parte fundamental para el desarrollo de esta investigación:

1. Identificar el desempeño deseado
2. Monitoreo del desempeño
3. Identificar las oportunidades de mejora
4. Identificar las causas fundamentales de mejora
5. Identificar, seleccionar y aprobar las soluciones
6. Implementar las soluciones
7. Evaluar los resultados

3.8.1 Identificar el desempeño deseado: en este paso, la IAEA recomienda que las expectativas y los estándares de excelencia en el DH deben identificarse, comunicarse y entenderse claramente en toda la instalación. Es indispensable establecer probabilidades para planes estratégicos y comerciales que definan metas, objetivos, recursos, mediciones de desempeño y supervisión. Se pueden establecer expectativas, utilizando actividades de evaluación comparativa, estándares de la industria y aprendizaje organizacional de eventos relevantes.

IAEA destaca que el desempeño deseado también incluiría al individuo usando las herramientas apropiadas de reducción de errores, manteniendo una actitud de cuestionamiento y llamando la atención sobre cualquier problema encontrado con la actividad, antes de continuar.

3.8.2 Monitoreo del desempeño: en esta etapa, IAEA⁵⁸ recomienda que el monitoreo debe tomar en consideración cada uno de los tres niveles de desempeño humano: organización, proceso e individual. Por tanto, el aspecto proactivo de la supervisión del desempeño implica identificar problemas al nivel de precursores para su resolución, con el fin de evitar que se conviertan en problemas organizativos más grandes; de igual manera, debe incluir actividades como: autoevaluaciones, uso de indicadores de desempeño de bajo nivel para identificar el desempeño o los comportamientos en declive, la evaluación comparativa y la evaluación de tendencias y el desempeño de rutina.

El aspecto reactivo involucra actividades tales como: la investigación de eventos, la identificación e informe de problemas, las revisiones de efectividad de las acciones correctivas, la revisión de la administración y la respuesta a los indicadores de desempeño de las instalaciones de nivel superior; lo anterior, como elementos que representan eventos y errores significativos de desempeño humano. Varios componentes y actividades que apoyan colectivamente la excelencia en el monitoreo del desempeño y son recomendados por IAEA, incluyen la implementación de:

- Autoevaluación;
- Establecimiento y monitoreo de indicadores de desempeño;
- Rendimiento de seguimiento y tendencias;
- Actividades de evaluación comparativa;
- Instalaciones y experiencia operativa de la industria;
- Supervisión independiente;
- Observaciones de campo y entrenamiento;
- Informe de problemas;
- Revisiones de efectividad de los esfuerzos de mejora;
- Investigación del evento.

⁵⁸ *Ibíd.*, p. 10.

3.8.3 Identificar las oportunidades de mejora: en este paso, IAEA⁵⁹ describe que las medidas de cantidad o productividad y desempeño de seguridad son a menudo el punto inicial de descripción para el nivel actual de desempeño en la organización; no obstante, las medidas de calidad, costos y tiempo también son útiles para describir el desempeño en términos mensurables. Las brechas de rendimiento pueden variar desde las principales debilidades de productividad en las instalaciones, hasta las tendencias menores de comportamiento adverso.

El nivel de actividad necesario para completar el análisis, la identificación y planificación de acciones correctivas también puede variar ampliamente; además, debido a que algunas brechas de rendimiento son más importantes que otras, es necesario priorizar qué problemas se deben abordar primero y seleccionar soluciones que se integren bien con el nivel general de utilidad de las instalaciones y las áreas de enfoque de planificación comercial de la administración.

3.8.4 Identificar las causas fundamentales de mejora: IAEA⁶⁰ recomienda que, una vez se han identificado las brechas de desempeño, se deben implementar herramientas como: el análisis de causa raíz o aparente, el análisis de trabajo y tareas, el análisis de causa común, las investigaciones de eventos, las investigaciones de errores de rendimiento humano y el análisis de procesos para identificar las causas subyacentes de las brechas. En la Tabla 8, se presenta una descripción general de algunas de las herramientas propuestas por IAEA, empleadas para identificar las causas subyacentes de las brechas de rendimiento, junto con sus respectivos usos.

Por otra parte, IAEA recomienda que los tipos de causas que se identifican a partir de los métodos descritos anteriormente se pueden clasificar en *equipos*, *procesos*, *ambiente de trabajo*, *desempeño humano* (niveles individuales y de proceso) y *culturales* (nivel organizacional). Por ejemplo, cuando una válvula es ajustada sin el uso de un procedimiento, la causa podría deberse a: que el procedimiento correcto no estaba disponible, que el trabajo se realizó en un

⁵⁹ *Ibíd.*, p. 11.

⁶⁰ *Ibíd.*, p. 11.

entorno no propicio para el uso del procedimiento o que la cultura de la organización no fomenta el uso de procedimientos. Cualquiera sea la causa, siempre debe ser considerada, eliminada o remediada con la aplicación en todos los niveles de desempeño; en consecuencia, el mejoramiento del desempeño solo será efectivo si las soluciones implementadas están dentro de los objetivos y metas generales de la organización.

Tabla 8. Ejemplo de las herramientas para identificar causas subyacentes de desviaciones de desempeño

Herramienta	Uso	Nivel de desempeño
Análisis de raíz de la causa	Problemas programáticos significativos	Proceso Organización
Alcance de la condición y alcance de la causa	Otras posibilidades de raíz y causas aparentes	Proceso Organización Individuo
Análisis de causa común	Ocurrencias similares y elementos comunes	Proceso Organización Individuo
Análisis de causa aparente	Brechas de nivel inferior y tendencias adversas	Proceso Individuo
Identificación de problemas y acciones correctivas	Problemas de nivel inferior para corregir la condición deficiente	Proceso Individuo
Investigaciones de Mejora del Desempeño Humano	Situaciones programáticas importantes para situaciones de nivel inferior	Proceso Organización Individuo

Fuente: International Atomic Energy Agency. Managing human performance to improve nuclear facility operation. p, 12.

3.8.5 Identificar, seleccionar y aprobar las soluciones: en este paso, IAEA⁶¹ propone que se identifiquen soluciones para cerrar las brechas de rendimiento, en función de las causas especificadas y las acciones correctivas y preventivas; para ello, se seleccionan de acuerdo con el riesgo o la importancia de la brecha. Las acciones correctivas especificadas de los análisis causales deben cumplir con los siguientes criterios:

- Se centran en solucionar la brecha identificada.

⁶¹ *Ibíd.*, p. 13.

- Están directamente vinculados a las causas identificadas o contribuyentes de la brecha.
- Se asignan a los individuos de modo que la responsabilidad de las acciones sea clara.
- Están bajo el control de las personas responsables o sus organizaciones.
- Son específicos, medibles, acordados por las partes interesadas, realistas y oportunos.
- Son compatibles con la cultura organizacional y con la base de conocimientos y habilidades del personal existente.
- Se les asignan fechas de vencimiento consistentes con el riesgo o la importancia de la situación o condición que se está abordando.
- Incorporan la industria apropiada y la experiencia operativa interna.

3.8.6 Implementar las soluciones: IAEA⁶² recomienda que el objetivo de implementar soluciones se fundamente en llevar a cabo las acciones desarrolladas en respuesta a las brechas identificadas para mejorar el rendimiento. La implementación de soluciones comienza después de analizar la brecha de rendimiento identificada, las soluciones elegidas, las tareas priorizadas con las fechas de vencimiento asignadas y la aprobación de la administración de todas las acciones; asimismo, implica la asignación detallada, la programación, la implementación, la participación de la gerencia, la supervisión y el refuerzo de las acciones de mejora. Si estas actividades no se realizan correctamente, pueden socavar la efectividad de todo el esfuerzo de mejora.

De igual modo, los gerentes de línea deben ser los responsables de impulsar la implementación para lograr el éxito en la mejora del rendimiento, utilizando diversos procesos y herramientas de apoyo para ayudar en el esfuerzo. Adicional a ello, los altos directivos refuerzan y recompensan acciones correctivas de alta calidad, que deben ser correctamente implementadas para mejorar el rendimiento

⁶² Ibid., p. 14.

3.8.7 Evaluar los resultados: Según IAEA⁶³, el éxito en la implementación de soluciones ocurre cuando se cierran las brechas de rendimiento identificadas; por tanto, la minuciosidad con la que se implementan las acciones ayuda a determinar la efectividad de los esfuerzos de mejora del rendimiento. La rendición de cuentas se produce cuando se evalúan los resultados para garantizar la efectividad de las acciones correctivas; para ello, se deben realizar revisiones de efectividad, con el fin de verificar en qué medida hay mejoras y evaluar la calidad de las acciones.

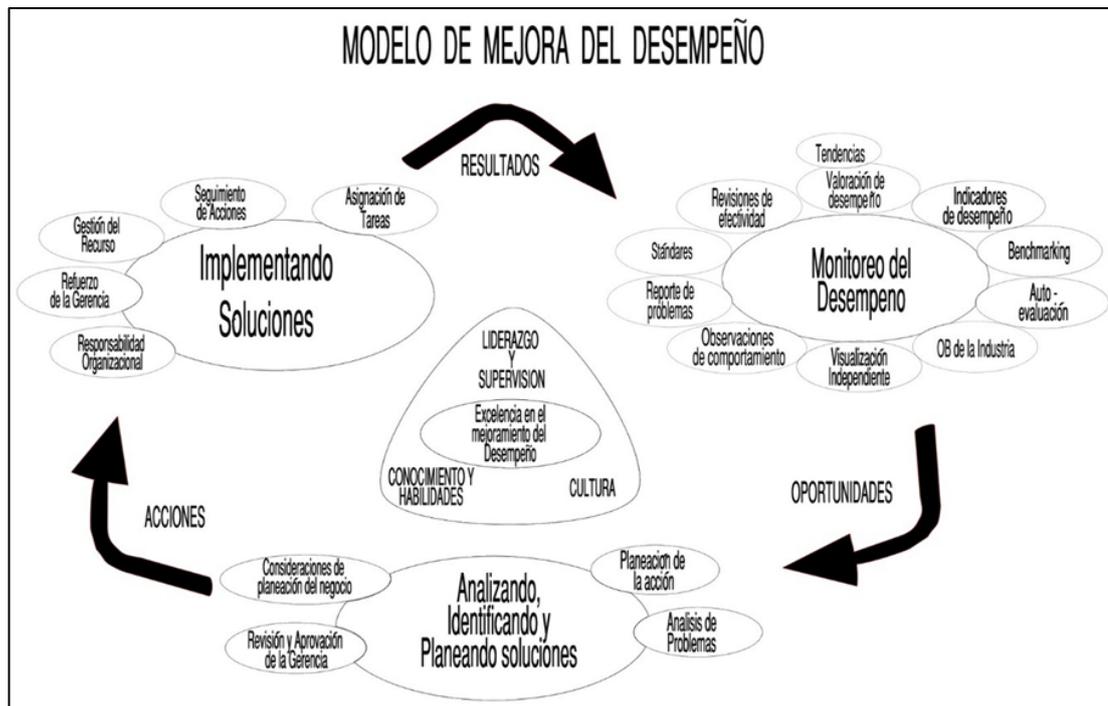
Las acciones correctivas de baja calidad pueden socavar los esfuerzos de mejora del rendimiento de la instalación y ser una barrera para implementar y adherirse a las políticas de la instalación, lo que puede conducir a la recurrencia del problema original. Por consiguiente, el proceso de mejora del rendimiento no se completa hasta que los resultados se evalúan con respecto al rendimiento deseado originalmente identificado; así pues, las expectativas y los estándares pueden modificarse e identificar brechas adicionales.

Igualmente, DOE⁶⁴ plantea un modelo de mejoramiento del desempeño y herramientas, similar al planteado por IAEA. Este modelo está relacionado en la Figura 15.

⁶³ Ibid., p. 14.

⁶⁴ DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Managing controls. En: Human performance improvement handbook. Washington D.C. 2009. Vol. 1. p. 17.

Figura 15. Modelos de desempeño propuesto por DOE



Fuente: DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Managing controls. p, 17.

3.9 PRIMEROS PASOS HACIA EL CAMINO DEL DESEMPEÑO HUMANO

Todd Conklin, reconocido investigador y autor de libros de DH y factores de error, describe los pasos recomendados para aquellas empresas que desean iniciar el camino de mejora del DH. Todd propone preguntas como⁶⁵:

- ¿Su organización tiene un motivo fuerte de hacer cosas diferentes?
- ¿Existe la necesidad de ascender al siguiente nivel el desempeño de seguridad y confiabilidad?
- ¿Puede tener soporte de la gerencia para este cambio?
- ¿Estás comprometido, apasionado sobre la gestión de seguridad diferente?

A su vez, Todd Conklin⁶⁶ recomienda que el primer paso para el cambio está centrado en educar e informar a la gerencia de la compañía, acerca del compromiso y soporte para el cambio, como una nueva filosofía de gestión de

⁶⁵ CONKLIN, Todd. Op. Cit., p. 121.

⁶⁶ *Ibíd.*, p. 124-125.

seguridad, e identificar un grupo de interesados en esta transformación (personal de seguridad industrial, mantenimiento o recursos humanos); al mismo tiempo, iniciar el recorrido entrenándose y entrenando al equipo en temas fundamentales de DH o Factores de Error, al tomar como referente a los autores, James Reason, Alan Hobbs o Dekker.

Todd Conklin⁶⁷ concluye con unas recomendaciones que son útiles para la nueva filosofía de seguridad que ha sido implementada en diversas compañías. Sus sugerencias se centran en comprender los factores de error humano y el DH, encontrar una persona u organización que haya implementado este modelo y compartir experiencias, encontrar apoyo oportuno por parte de la gerencia, definir un grupo de trabajo e involucrar a los líderes y trabajadores de la empresa, visitar el lugar de trabajo de los empleados de mantenimiento y conocer qué hacen, construir y hacer visible un vocabulario unificado de DH y factores de error, transformar la manera como la organización realiza los análisis de falla e investigaciones, con el fin de identificar factores de error, en lugar de culpables; finalmente, mantenerse alerta de los retrocesos del modelo anterior.

⁶⁷ *Ibíd.*, p. 127.

4. METODOLOGÍA

4.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para recopilar información que permitiera realizar un análisis del desempeño y errores humanos, la encuesta fue seleccionada como instrumento de recolección de datos, dado que permitió abarcar un mayor número de personas, especialidades de trabajo, empresas, experiencias y facilitó la búsqueda de personal disponible, que de manera voluntaria aportó al proyecto de investigación, desde sus experiencias y sin presiones laborales. Para ello, las preguntas fueron seleccionadas y definidas con base en la experiencia profesional en sectores de aviación y la industria del petróleo.

Por otra parte, para la formulación de preguntas se tomó como guía, la encuesta de seguridad en el mantenimiento de aeronaves realizada por el Departamento de Seguridad en el Transporte de Australia (Australian Transport Safety Bureau)⁶⁸, la encuesta de los ingenieros de mantenimiento de aeronaves de Australia, efectuada por el Departamento de Seguridad en el Transporte de Australia (Australian Transport Safety Bureau)⁶⁹ y la herramienta en línea de valoración de Factores Humanos de Error, desarrollada por la empresa Step Change in Safety⁷⁰.

La encuesta elaborada contó con un total de 91 preguntas, categorizadas en las cuatro diferentes series de clasificación de factores de error humano (*Tipo de error, Fallas Latentes o sistemáticas, Modos de desempeño y Precursores de Error* (ver Tabla 9). De estas preguntas, 48 se enfocaron en la búsqueda de respuestas negativas, por ejemplo: *¿para terminar el trabajo a tiempo, es necesario "saltar" las reglas?*, y 36 preguntas en búsqueda de respuestas afirmativas, por ejemplo: *¿pienso en soluciones para llevar a cabo mi trabajo más*

⁶⁸ HOBBS, Alan y WILLIAMSON, Ann. Aircraft Maintenance Safety Survey – Results. Department of Transport and Regional Services y Australian Transport Safety Bureau.

⁶⁹ Ibid.

⁷⁰ Step Change in Safety. Human factors online assessment tool. 2019.

fácilmente? El cuestionario completo de la encuesta se encuentra en el Anexo A.

4.1.1 Registro y recopilación de las encuestas: Para el registro, documentación y recopilación de los datos, se implementó la herramienta de formularios de Google y el proceso estuvo constituido por:

1. Registro: el registro se realizó por medio de la creación de formularios de acceso abierto que ofrece Google. Este medio electrónico, permite la documentación ilimitada de encuestas y la totalidad de los datos recolectados, pueden ser descargados para el manejo libre y el análisis de información; facilitando así, la clasificación por las categorías determinadas.

2. Recopilación de datos: la plataforma permitió descargar en formato Excel el cuestionario de preguntas, que posteriormente podía ser impreso y diligenciado de manera física, por parte de los participantes que, durante la vigencia de la encuesta en la plataforma, no contaron con medios digitales para dar respuesta. No obstante, los resultados de las encuestas físicas luego fueron tabulados con la herramienta Google, de tal forma que la totalidad de los datos estuvieran registrados en una fuente unificada. El instrumento de recolección de información fue dejado por un periodo 60 días, con el fin de permitir un rango considerable de tiempo para dar respuesta a la encuesta y permitir recopilar suficientes datos para el respectivo análisis.

4.1.2 Selección de los encuestados: Para la selección y ubicación de las personas a encuestar, se utilizaron dos estrategias. La primera, implementado la aplicación LinkedIn, que se constituye como una comunidad social orientada a las empresas y profesionales, al permitir acceder y ofrecer vacantes laborales; para ello, cada usuario debe crear un perfil, donde de forma libre y gratuita, presenta las experiencias laborales, intereses y alternativas de empleo. La segunda, se presentó con la solicitud a dos empresas del sector petróleo y gas, específicamente al área de mantenimiento y operación, donde permitieron a los técnicos de mantenimiento realizar de manera voluntaria y anónima las encuestas.

La distribución y selección de personal para la presentación de las encuestas se efectuó de la siguiente manera:

1. Se realizó una solicitud voluntaria a dos empresas del sector de petróleo y gas, con el fin de permitir la distribución de las encuestas al personal técnico del área eléctrica, planeación, mecánica e instrumentación; en consecuencia, se logró recopilar un total de 34 encuestas, que de manera voluntaria respondidas por ese grupo. Posteriormente, los formularios fueron digitalizados de manera independiente por cada una de las dos compañías, en la aplicación Google forms.

2. Búsqueda y selección de profesionales de mantenimiento, supervisión, operación, y seguridad de las áreas de mecánica, electricidad, instrumentación, planeación, confiabilidad y supervisión, a través de la aplicación LinkedIn. El criterio de búsqueda y selección estuvo delimitado al personal de las especialidades técnicas y supervisores de operación y mantenimiento; así como, profesionales de HSE de cinco de las principales empresas de operación y mantenimiento del sector de petróleo y gas en Colombia. Cerca de 400 solicitudes fueron enviadas de forma individualizada, para la posterior participación en la encuesta de manera voluntaria y anónima. Por este medio, se alcanzó un total de 111 encuestas completamente diligenciadas.

5. RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Para facilitar y garantizar una apropiada calidad del análisis, se definieron cuatro categorías de clasificación por cada pregunta:

1. Precusores de error
2. Tipo de error – Fallas activas
3. Modos de desempeño
4. Fallas latentes

Asimismo, en la Tabla 9 se presenta la distribución por cada tipo de preguntas planteadas y la respectiva clasificación por categorías, la cual reúne las diferentes clasificaciones del Sistema de Análisis y Clasificación de Factores Humanos HFACS⁷¹, los modos de desempeño planteados por Jens Rasmussen⁷² y las precondiciones de error más comunes *Dirty Dozen*⁷³ (Docena Maligna), descritos en el marco conceptual.

Tabla 9. Distribución por categorías de las preguntas planteadas

Tipo de error	Qty	Fallas Latentes	Qty2	Modos de desempeño	Qty3	Precusores de Error	Qty4
Equivocación	10	PROCEDIMIENTOS	17	KB - Modo comprensión	14	a. Falta de comunicación	13
Descuido	7	SUPERVISIÓN & PLANEACIÓN	16	RB - Modo reglas	13	b. Distracción	7
Desconcentración	7	BIENESTAR PSICOLÓGICO Y FÍSICO	14	SB - Modo Destreza	11	c. Falta de recursos	7
Violación situacional	6	PRACTICAS DE TRABAJO SEGURO	11			d. Estrés	6
Violación rutinaria	5	GERENCIA/ORGANIZACIÓN & LIDERAZGO	10			e. Complacencia	14
Violación de mejora	5	EQUIPOS & DISEÑO DE TRABAJO	7			f. Falta de trabajo en equipo	6
		ENTRENAMIENTO & CONOCIMIENTO	6			g. Presión	6
		LECCIONES APRENDIDAS	3			h. Falta de conciencia	7
						i. Falta de conocimiento	7
						j. Fatiga	6
						k. Falta de asertividad	5

Fuente: Elaboración propia.

⁷¹ SHAPPELL, Scott. y WIEGMANN, Douglas. The Human Factors Analysis and Classification System–HFACS. Department of Transportation Federal Aviation Administration. Washington D.C.

⁷² DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Managing controls. En: Human performance improvement handbook. Washington D.C. 2009. Vol. 1. p. 21.

⁷³ DUPONT, G. (1997) The Dirty Dozen Errors in Maintenance. En: Human Error In Aviation Maintenance. 1997. p. 42

5.1 CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con el propósito de simplificar y sistematizar el análisis de los datos, las respuestas a las preguntas planteadas fueron clasificadas en cinco categorías de valoración, de la A a la E; siendo “A” la categoría de mayor importancia para oportunidades de mejora y “E” la categoría que no requiere oportunidades de mejora. Los resultados de categorías A, B y C fueron los seleccionados para determinar las oportunidades de mejora en cada área. De igual manera, se implementó una fórmula y factor, con el fin de valorar cuantitativamente cada una de las preguntas, teniendo así:

- Fórmula para preguntas negativas:

$$\text{Puntuación} = ((MF*2)+(F*1.5)+(O*1)+(R*0.5)+(N*0))/(MF+F+O+R+N)$$

- Fórmula para preguntas afirmativas:

$$\text{Puntuación} = ((NF*0)+(F*0.5)+(O*1)+(R*1.5)+(N*2))/(MF+F+O+R+N)$$

MF: Muy Frecuentemente

F: Frecuentemente

O: Ocasionalmente

R: Muy rara vez

N: Nunca

Por otra parte, se diseñó un rango y criterio de clasificación del cálculo por cada pregunta (Tabla 10), este fue utilizado para definir el ranking de en la clasificación A, B, C, D o E.

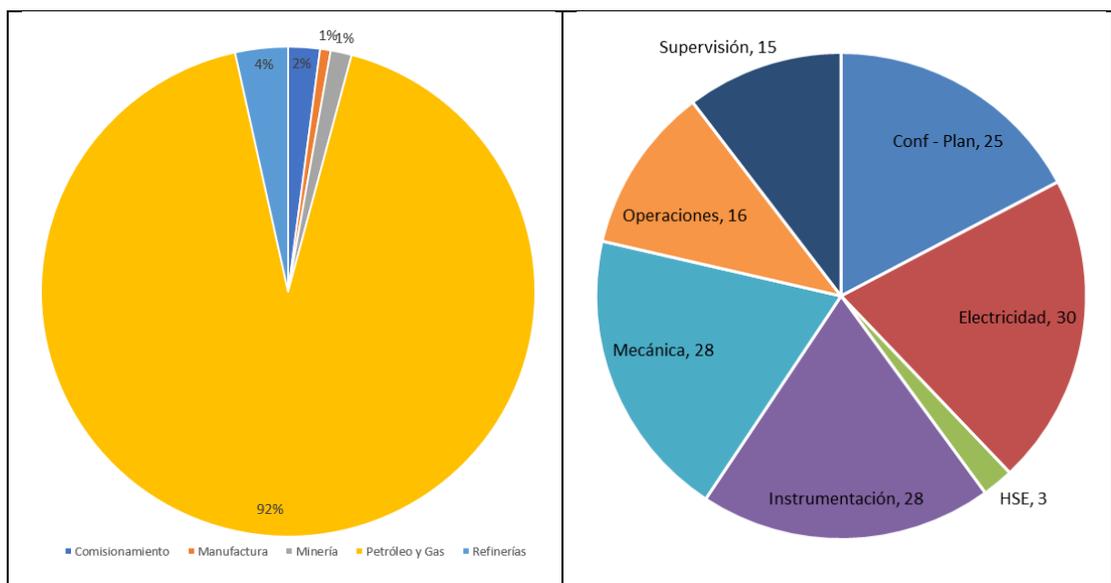
Tabla 10. Ranking de clasificación por cada pregunta

RANKING	Mayor que	Menor
A	0.8	-
B	0.45	0.8
C	0.35	0.45
D	0.2	0.35
E	-	0.2

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1 Población de las encuestas: La Figura 16 muestra el número de participación por especialidad de las 145 encuestas recibidas, de acuerdo con esto, el 92% de los participantes pertenecen a la industria del Petróleo y Gas en Colombia. Lo anterior, representa un apropiado número de respuestas en cada una de las disciplinas del manteniendo y garantiza una cobertura de las diferentes áreas.

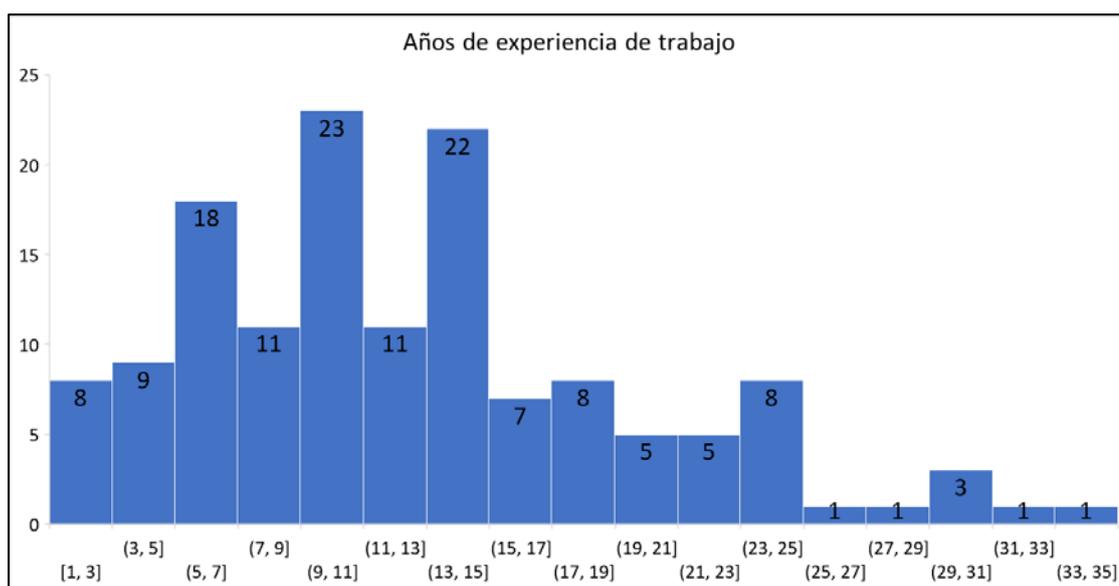
Figura 16. Distribución específica de encuestados



Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Distribución de experiencia de mantenimiento de la población encuestada: A cada uno de los encuestados se les preguntó los años de experiencia específica en operación y mantenimiento; al respecto, la edad media de experiencia de los encuestados está en 13.59 años. La Figura 17 representa la distribución de años de experiencia de las personas encuestadas.

Figura 17. Distribución de años de experiencia de las personas encuestadas



Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Resultado total de preguntas por clasificación de prioridad: Luego de la valoración de cada una de las preguntas, aplicando la fórmula de ranking descrita anteriormente, se determinó incluir 46 preguntas en las categorías A, B y C y fueron analizadas para identificar las oportunidades de mejora. Las 38 preguntas restantes, no se tuvieron en consideración, por cuanto los resultados indicaron que los temas tratados corresponden a componentes sobre los cuales las empresas ejercen una gestión óptima. Para este apartado, se recomienda revisar en detalle las 38 preguntas, referidas en el Anexo B del resultado total de las preguntas. En la Tabla 11, se presenta la distribución del número de preguntas de las encuestas clasificadas por ranking de prioridad.

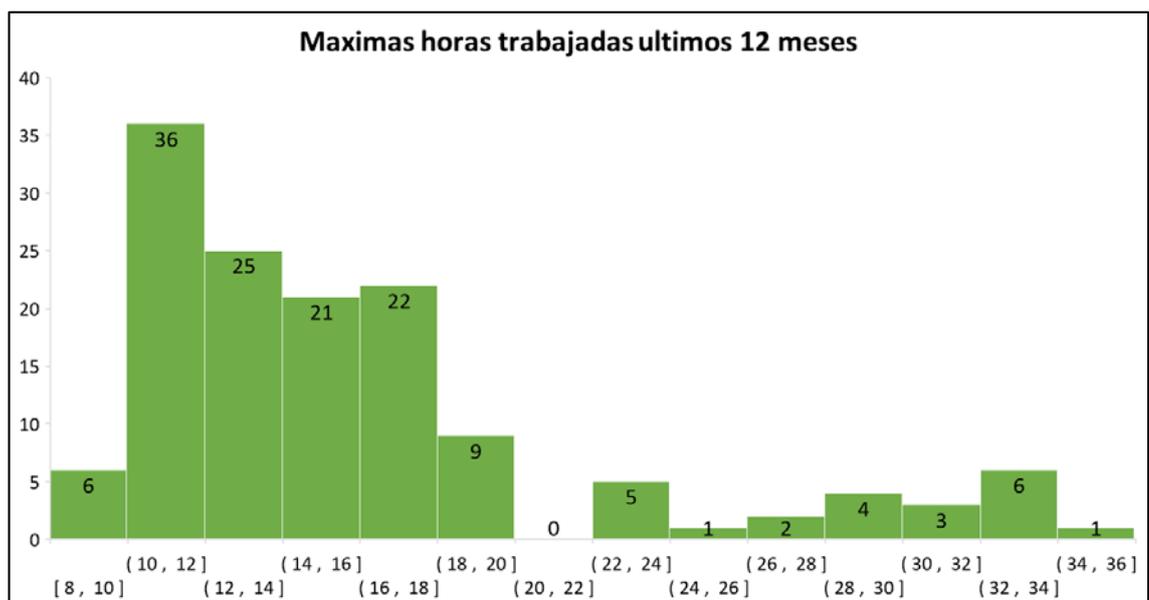
Tabla 11. Distribución del número de preguntas de las encuestas clasificadas por ranking de prioridad

Ranking	No. de preguntas
A	11.00
B	17.00
C	18.00
D	18.00
E	20.00
Total	84.00

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 Duración máxima del trabajo: Se preguntó a los encuestados sobre el turno de trabajo más largo que han tenido al realizar mantenimiento, en los últimos 12 meses; por consiguiente, esta pregunta permitió identificar factores de fatiga. La duración más común reportada fue rango de 10 - 12 horas de trabajo; sin embargo, un número considerable de personas encuestadas 73% del total, manifestó haber laborado en el rango de 10 - 18 horas en los últimos 12 meses; la máxima duración de trabajo reportada fue entre 30 – 35 horas (ver Figura 18).

Figura 18. Distribución de máximo turno realizado en los últimos 12 meses



Fuente: Elaboración propia.

5.2. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

En este apartado, se desarrolla el análisis por categorías de la información recolectada; para ello, se tomó como referente el marco conceptual que precisa cada uno de los precursores y factores de error que conllevan a errores en el personal de mantenimiento.

5.2.1 Precusores de Error. De las 91 preguntas planteadas, 81 fueron clasificadas en los 12 precursores de error, identificados como “La docena maligna o dirty dozen”, descritos con anterioridad en el apartado ‘Generalidades sobre los errores’; lo anterior, con el fin de identificar en qué componentes focalizar los esfuerzos de mejora por parte de las empresas.

Respecto a los precursores de error identificados, que ocupan mayor prioridad en el error de mantenimiento se halló: *el estrés, la presión, la fatiga y la falta de recursos*. Por otra parte, los precursores de error de gestión con mediana prioridad son: *falta de trabajo en equipo, falta de conocimiento, complacencia y falta de comunicación*. Por último, los precursores de error sobre los cuales se tiene menor prioridad en las empresas, en razón a la óptima gestión, corresponden a: *la falta de conciencia, falta de asertividad y distracción*. Para esta categoría, se centra la atención en los precursores de mayor y mediana prioridad. La Tabla 12, muestra la compilación total de precursores de error en orden de importancia (mayor puntaje representa mayor criticidad):

Adicionalmente, la Tabla 13 muestra un total de 83 preguntas, de acuerdo con el precursor de error y su clasificación por criticidad. Cabe recordar que, las preguntas clasificadas en A, B y C corresponden a los criterios de análisis sobre los cuales se enfocó el estudio.

Tabla 12. Compilación total de precursores de error en orden de importancia

Precusores de error	A	B	C	D	E	Puntaje
d. Estrés	1.28	0.50	0.25			0.68
g. Presión	0.88		0.38		0.24	0.65
j. Fatiga		0.64	0.50	0.44		0.59
c. Falta de recursos	1.17	0.46	0.51		0.40	0.58
f. Falta de trabajo en equipo	1.14	0.65	0.43		0.10	0.57
i. Falta de conocimiento	0.86	0.55	0.38	0.20		0.45
e. Complacencia	0.76	0.35	0.42	0.34	0.19	0.40
a. Falta de comunicación	0.83	0.66	0.38	0.25	0.24	0.36
h. Falta de conciencia	0.43	0.26	0.28	0.23	0.17	0.24
k. Falta de asertividad			0.47	0.14	0.16	0.22
b. Distracción				0.17	0.12	0.14

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. Precusores de error por cantidad

Precusores de error	A	B	C	D	E	Puntaje
a. Falta de comunicación	1,00	1,00	3,00	3,00	5,00	13,00
b. Distracción				2,00	5,00	7,00
c. Falta de recursos	1,00	1,00	4,00		1,00	7,00
d. Estrés	2,00	2,00	2,00			6,00
e. Complacencia	3,00	1,00	3,00	2,00	5,00	14,00
f. Falta de trabajo en equipo	1,00	2,00	2,00		1,00	6,00
g. Presión	3,00		1,00		1,00	5,00
h. Falta de conciencia	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	7,00
i. Falta de conocimiento	1,00	2,00	2,00	2,00		7,00
j. Fatiga		4,00	1,00	1,00		6,00
k. Falta de asertividad			1,00	1,00	3,00	5,00
TOTAL	13,00	14,00	20,00	12,00	24,00	83,00

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 14 se relacionan las 11 más importantes preguntas, identificadas en la categoría de crítica “A” para el error humano y factores críticos a investigar, los cuales conllevan a precursores de error en el personal de mantenimiento. En la Figura 19, se presentan las preguntas clasificadas según la cantidad de respuestas acordes con la periodicidad; tendiendo así, nunca (verde), muy rara vez (azul), ocasionalmente (amarillo), frecuentemente (naranja), muy frecuentemente (rosado).

Tabla 14. Preguntas críticas "A" del cuestionario para precursores de error

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuentemente	Muy frecuentemente	Score
	Grafica de preguntas mas criticas "A"						
	2.1) En su opinión, el personal de mantenimiento que retrasa una actividad debe dar explicación de sus...	7	0	48	30	60	1.47
	2.2) Las decisiones que tomo relacionadas con mantenimiento, están influenciadas por razones de...	19	0	58	44	22	1.17
	5.3) ¿Se sentiría tranquilo, retando u objetando los comportamientos de su supervisor o gerente?	45	5	46	35	10	1.14
	5.1) El error humano en mi lugar de trabajo es visto como una falla del operador o del trabajador?	24	3	54	43	18	1.10
	6.6) ¿Se siente cómodo rechazando las tareas para las que no se siente competente de realizarlas?	32	9	41	40	22	0.96
	6.10) ¿Es usted desafiado, o le llaman la atención si se le ve NO siguiendo los procedimientos de...	43	6	21	40	32	0.96
	2.5) En un día normal de trabajo, tengo que dejar una tarea incompleta para hacer un trabajo más urgente.	19	0	112	12	2	0.92
	6.2) ¿Ha recibido alguna formación sobre el error humano en mantenimiento?	21	4	53	43	21	0.86
	4.8) ¿Que tan frecuente es encontrar errores en los procedimientos de trabajo que le asignan?	5	63	53	13	6	0.83
	3.15) Hizo el trabajo de una mejor manera de la que describía el procedimiento o el manual	28	32	44	23	9	0.83
	4.5) Solicito retroalimentación a otros sobre el desempeño de mi trabajo	7	26	42	45	23	0.82

Fuente: Elaboración propia Figura 19.
Clasificación según la cantidad de respuestas acordes con la periodicidad

Fuente: elaboración propia

5.2.1.1 Los precursores de error identificados con mayor prioridad: como se mencionó con anterioridad, *el estrés, la presión, la fatiga y la falta de recursos;* constituyen los elementos que requieren mayor atención al interior de las compañías, respecto al área de mantenimiento. Estos factores, representan las debilidades que propician de manera directa, los errores humanos de mantenimiento.

1. Estrés: el estrés es identificado como el principal precursor de error, por parte del personal de mantenimiento, con un 14.8% de relevancia. En la Tabla 15 y la Figura 20, se muestran las preguntas relacionadas con el factor de estrés y el resultado según el número de respuestas y criticidad. Se destaca que el estrés causa errores por desconcentración y es influenciado por factores como:

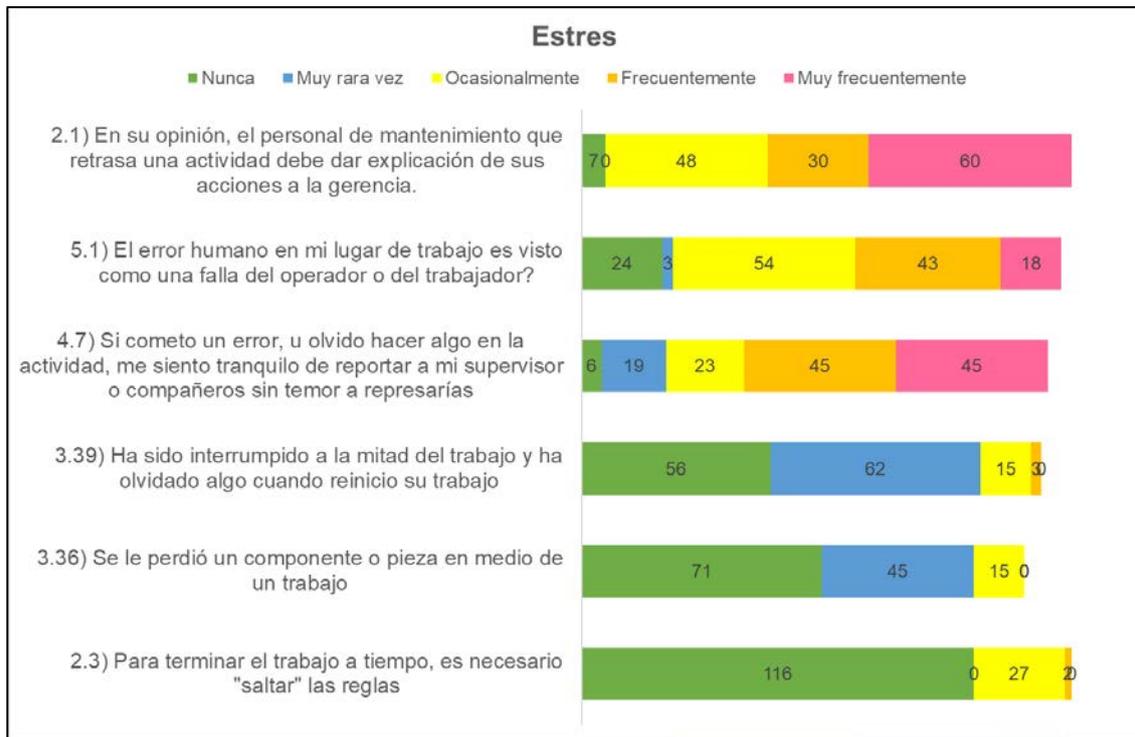
- El personal debe dar explicaciones por sus acciones
- Los errores son vistos como falla del operador o del trabajador
- No se sienten tranquilos de reportar errores u olvidos a sus supervisores, por temor a represalias.

Tabla 15. Preguntas relacionadas con el factor estrés

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasional	Frecuente	Muy frecuente	Score
A	2.1) En su opinión, el personal de mantenimiento que retrasa una actividad debe dar explicación de sus acciones a la gerencia.	7	0	48	30	60	1.47
A	5.1) El error humano en mi lugar de trabajo es visto como una falla del operador o del trabajador?	24	3	54	43	18	1.10
B	4.7) Si cometo un error, u olvido hacer algo en la actividad, me siento tranquilo de reportar a mi supervisor o compañeros sin temor a represalias	6	19	23	45	45	0.62
C	3.39) Ha sido interrumpido a la mitad del trabajo y ha olvidado algo cuando reinicio su trabajo	56	62	15	3	0	0.37
D	3.36) Se le perdió un componente o pieza en medio de un trabajo	71	45	15	0	0	0.29
D	2.3) Para terminar el trabajo a tiempo, es necesario "saltar" las reglas	116	0	27	2	0	0.21

Fuente: elaboración propia

Figura 20. Resultado según el número de respuestas sobre el factor estrés y su criticidad



Fuente: elaboración propia. **2. Complacencia:** la complacencia es identificada con un 14.8% de importancia como precursor de error, al igual que el estrés. En la Tabla 16 y la Figura 21, se muestran las preguntas relacionadas con el factor de complacencia y el resultado según el número de respuestas y criticidad. Se resalta que la complacencia causa errores por violación y es influenciada por elementos como:

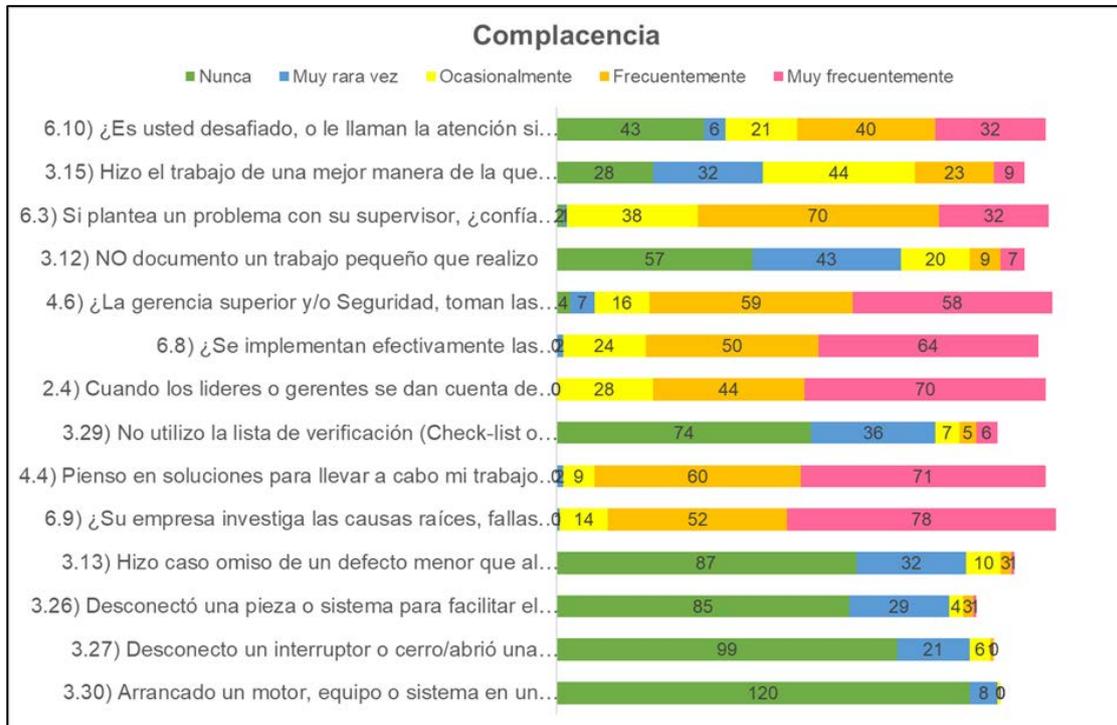
- Es frecuente que el personal NO es desafiado, en caso de NO estar siguiendo un procedimiento.
- Es frecuente que los trabajos pequeños no sean documentados
- Los trabajadores opinan que realizan los trabajos, de una mejor manera a la descrita en el procedimiento.
- No se encuentran totalmente convencidos que sus supervisores o gerentes tomarán acciones de mejora, en caso de plantear un determinado problema.

Tabla 16. Preguntas relacionadas con el factor complacencia

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmen	Frecuentemen	Muy frecuentemen	Score
A	6.10) ¿Es usted desafiado, o le llaman la atención si se le ve NO siguiendo los procedimientos de mantenimiento?	43	6	21	40	32	0.96
A	3.15) Hizo el trabajo de una mejor manera de la que describía el procedimiento o el manual	28	32	44	23	9	0.83
B	6.3) Si plantea un problema con su supervisor, ¿confía en que le hará seguimiento para solucionarlo?	2	1	38	70	32	0.55
B	3.12) NO documento un trabajo pequeño que realizo	57	43	20	9	7	0.51
C	4.6) ¿La gerencia superior y/o Seguridad, toman las medidas adecuadas para prevenir la repetición o prevención del accidentes?	4	7	16	59	58	0.44
C	6.8) ¿Se implementan efectivamente las recomendaciones de investigaciones de accidentes o fallas de equipos?	0	2	24	50	64	0.37
C	2.4) Cuando los lideres o gerentes se dan cuenta de un problema de seguridad en el trabajo, toman acciones de mejora	0	0	28	44	70	0.35
C	3.29) No utilizo la lista de verificación (Check-list o paso a paso) al arrancar un equipo o sistema.	74	36	7	5	6	0.35
D	4.4) Pienso en soluciones para llevar a cabo mi trabajo más fácilmente.	0	2	9	60	71	0.30
D	6.9) ¿Su empresa investiga las causas raíces, fallas sistemáticas y de la organización?	0	1	14	52	78	0.29
D	3.13) Hizo caso omiso de un defecto menor que al corregirlo retraso el arranque de un equipo o sistema	87	32	10	3	1	0.24
D	3.26) Desconectó una pieza o sistema para facilitar el trabajo, pero no documentó la desconexión	85	29	4	3	1	0.20
E	3.27) Desconecto un interruptor o cerro/abrió una válvula sin documentarlo o etiquetarlo?	99	21	6	1	0	0.14
E	3.30) Arrancado un motor, equipo o sistema en un momento en que no estaba permitido	120	8	1	0	0	0.04

Fuente: elaboración propia Figura 21. Resultado según el número de respuestas sobre el factor complacencia y su criticidad

Fuente: elaboración propia



3. Presión: este es el tercer precursor de error hallado en los resultados. Mientras que la presión es un elemento inevitable en las organizaciones, se identifica que algunas personas de mantenimiento encuentran dificultades para manejar la presión impuesta por prioridades y carga de trabajo adicional. En la Tabla 17 y la Figura 22, se muestran las preguntas relacionadas con el factor de presión y el resultado según el número de respuestas y criticidad. Entre los principales factores identificados se encontraron:

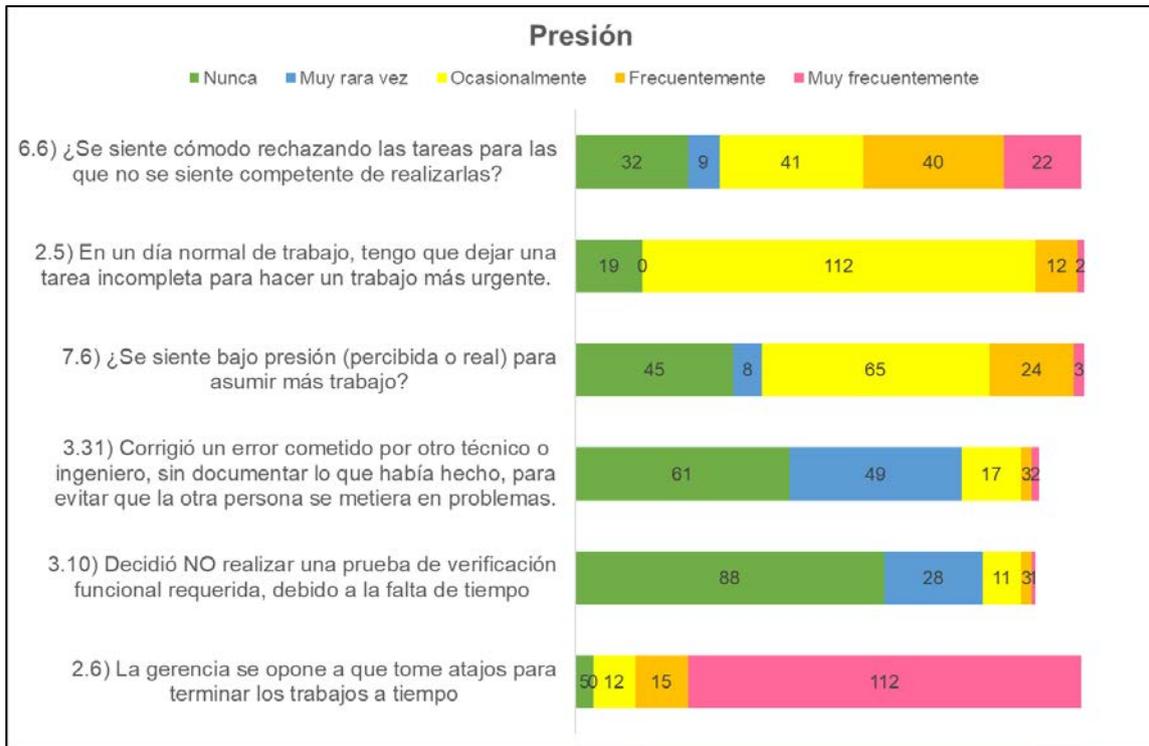
- Los trabajadores se sienten incómodos al rechazar tareas sobre las cuales no se sienten competentes de ejercer
- Es frecuente tener que dejar una tarea incompleta para hacer un trabajo más urgente.
- Se sienten bajo presión (percibida o real), al momento de asumir más trabajo
- En algunas ocasiones prefieren no reportar un error cometido por otro un compañero de trabajo (técnico o ingeniero), para evitar que esa persona se involucre en inconvenientes.

Tabla 17. Preguntas relacionadas con el factor presión

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuentemente	Muy frecuentemente	Score
A	6.6) ¿Se siente cómodo rechazando las tareas para las que no se siente competente de realizarlas?	32	9	41	40	22	0.96
A	2.5) En un día normal de trabajo, tengo que dejar una tarea incompleta para hacer un trabajo más urgente.	19	0	112	12	2	0.92
B	7.6) ¿Se siente bajo presión (percibida o real) para asumir más trabajo?	45	8	65	24	3	0.77
C	3.31) Corrigió un error cometido por otro técnico o ingeniero, sin documentar lo que había hecho, para evitar que la otra persona se metiera en problemas.	61	49	17	3	2	0.38
D	3.10) Decidió NO realizar una prueba de verificación funcional requerida, debido a la falta de tiempo	88	28	11	3	1	0.24
E	2.6) La gerencia se opone a que tome atajos para terminar los trabajos a tiempo	5	0	12	15	112	0.20

Fuente: elaboración propia

Figura 22. Resultado según el número de respuestas sobre el factor presión y su criticidad



Fuente: elaboración propia

4. Fatiga: la fatiga fue identificada como un precursor relevante, con un 14.8% se identificó como un factor para el error en mantenimiento. En la Tabla 18 y la Figura 23, se muestran las preguntas relacionadas con el componente fatiga y el resultado según el número de respuestas y criticidad; asimismo, en la Figura 24 se puede observar la distribución por horas trabajadas. Entre los principales factores de fatiga, se encontraron elementos como:

- Largas horas de trabajo fueron reportadas en las encuestas con una media de 15 horas y una desviación de 6.2 (ver figura 24). En ocasiones, los trabajadores no se sienten cómodos para realizar reportes sobre estados de cansancio o sobrecarga
- Los profesionales de mantenimiento, NO encuentran en el lugar de trabajo aspectos nuevos e interesantes.

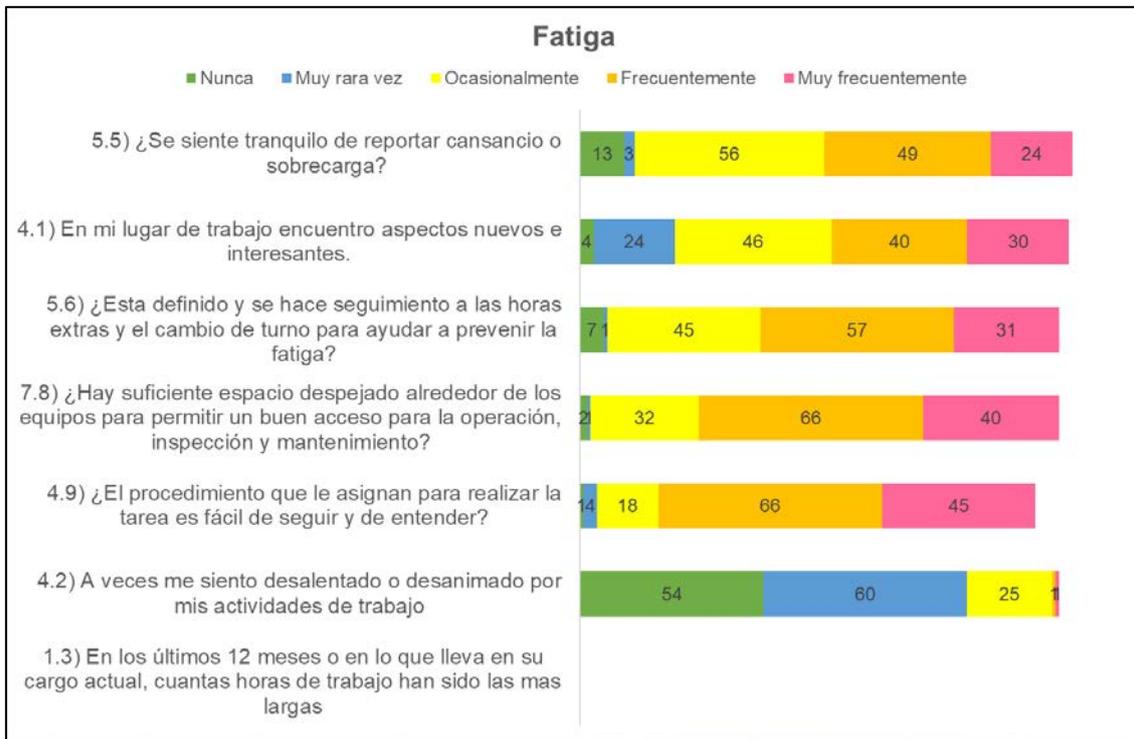
- Los trabajadores reportan que ocasionalmente se realiza un seguimiento a las horas extras o el cambio de turno, con el objetivo de ayudar a prevenir la fatiga.
- Algunos encuestados reportaron que ocasionalmente no hay suficiente espacio despejado alrededor de los equipos, lo cual impide tener un óptimo acceso a la operación, la inspección y el mantenimiento.

Tabla 18. Preguntas relacionadas con el factor fatiga

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuentemente	Muy frecuentemente	Score
B	5.5) ¿Se siente tranquilo de reportar cansancio o sobrecarga?	13	3	56	49	24	0.77
B	4.1) En mi lugar de trabajo encuentro aspectos nuevos e interesantes.	4	24	46	40	30	0.76
B	5.6) ¿Esta definido y se hace seguimiento a las horas extras y el cambio de turno para ayudar a prevenir la fatiga?	7	1	45	57	31	0.63
B	7.8) ¿Hay suficiente espacio despejado alrededor de los equipos para permitir un buen acceso para la operación, inspección y mantenimiento?	2	1	32	66	40	0.50
C	4.9) ¿El procedimiento que le asignan para realizar la tarea es fácil de seguir y de entender?	1	4	18	66	45	0.44
C	4.2) A veces me siento desalentado o desanimado por mis actividades de trabajo	54	60	25	1	1	0.41

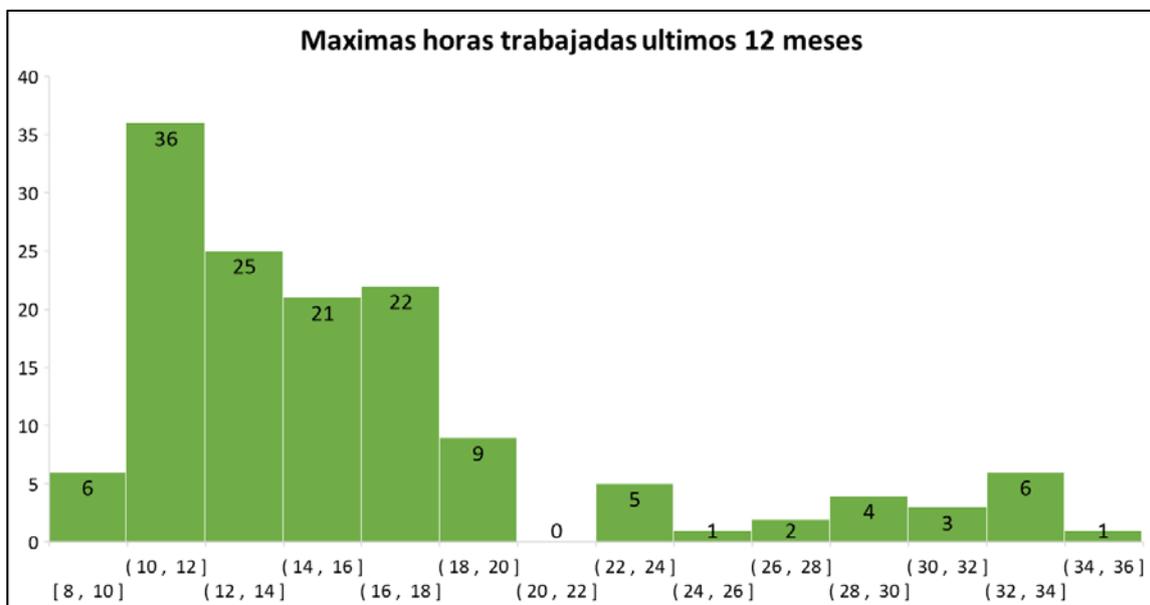
Fuente: elaboración propia

Figura 23. Resultado según número de respuestas sobre el factor fatiga y su criticidad



Fuente: elaboración propia

Figura 24. Distribución por horas trabajadas según el factor fatiga



Fuente: elaboración propia

5. Falta de recursos: al respecto, la falta de recursos para realizar las actividades de mantenimiento fue el último de los elementos que integran la mayor prioridad de los precursores de error. En la Tabla 19 y la Figura 25, se muestran las preguntas relacionadas con el componente falta de recursos y el resultado según el número de respuestas y criticidad. Los factores principales identificados para este precursor son:

- Muy frecuentemente las decisiones que se toman relacionadas con el mantenimiento están influenciadas por razones de costos
- Ocasionalmente no se asigna suficiente tiempo en el intercambio de turnos de los trabajadores, por ello se dificulta realizar entregas de turno confiables y/o planeación del trabajo seguro
- Ocasionalmente los trabajadores deben realizar una tarea sin la herramienta o equipo apropiados, en razón a que no se asignan los equipos, repuestos y herramientas correctas

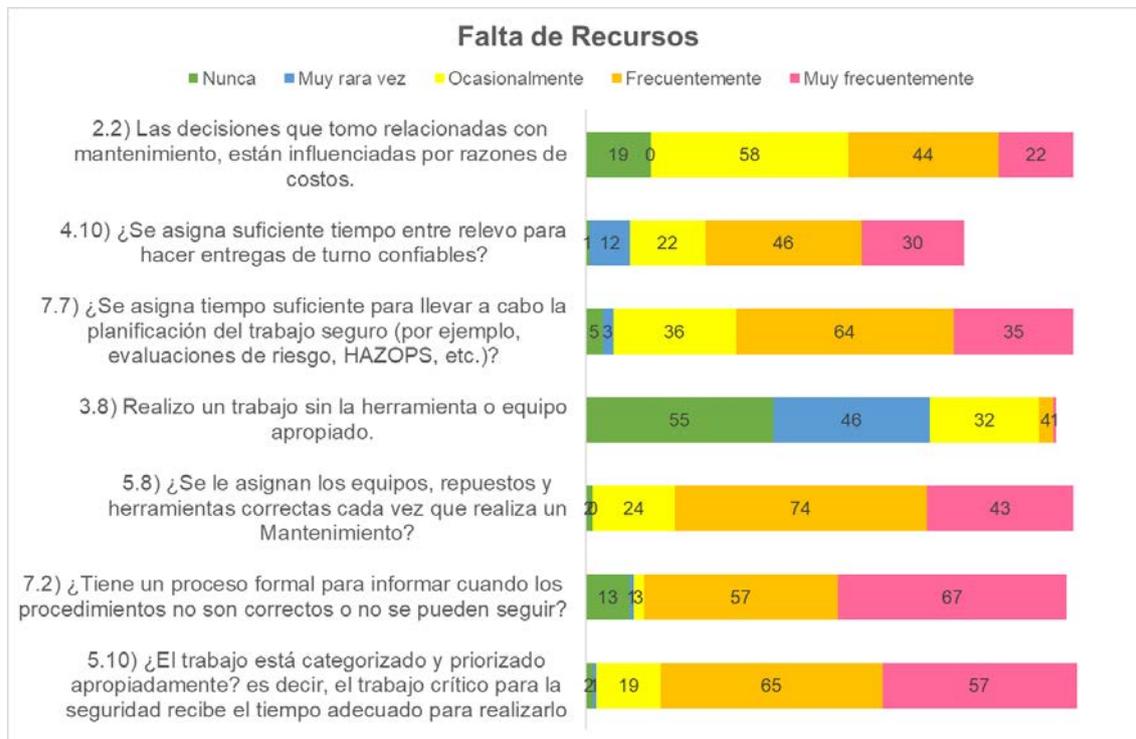
Tabla 19. Preguntas relacionadas con el factor falta de recursos

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuentemente	Muy frecuentemente	Score
A	2.2) Las decisiones que tomo relacionadas con mantenimiento, están influenciadas por razones de costos.	19	0	58	44	22	1.17
B	4.10) ¿Se asigna suficiente tiempo entre relevo para hacer entregas de turno confiables?	1	12	22	46	30	0.59
B	7.7) ¿Se asigna tiempo suficiente para llevar a cabo la planificación del trabajo seguro (por ejemplo, evaluaciones de riesgo, HAZOPS, etc.)?	5	3	36	64	35	0.58
B	3.8) Realizo un trabajo sin la herramienta o equipo apropiado.	55	46	32	4	1	0.46
B	5.8) ¿Se le asignan los equipos, repuestos y herramientas correctas cada vez que realiza un Mantenimiento?	2	0	24	74	43	0.45
C	7.2) ¿Tiene un proceso formal para informar cuando los procedimientos no son correctos o no se pueden seguir?	13	1	3	57	67	0.42
C	5.10) ¿El trabajo está categorizado y priorizado apropiadamente? es decir, el trabajo crítico para la seguridad recibe el tiempo adecuado para realizarlo	2	1	19	65	57	0.40

Fuente: elaboración propia

Figura 25. Resultado según el número de respuestas sobre el factor falta de recursos y su criticidad

Fuente: elaboración propia



5.2.1.2 Precusores de error de gestión con mediana prioridad: a esta subcategoría pertenecen como precusores menos críticos, pero representan un impacto, *falta de trabajo en equipo, falta de conocimiento, complacencia y falta de comunicación*; los anteriores elementos, requieren una gestión con mediana prioridad, en razón a que, de manera gradual propiciarán errores humanos en el área de mantenimiento.

1. Falta de comunicación: la falta de comunicación puede conllevar a equivocaciones, por parte de los técnicos de mantenimiento. Este elemento, fue identificado como un factor de importancia con 7.4% entre los precusores de error en mantenimiento. En la Tabla 20 y la Figura 26, se muestran las preguntas relacionadas con el componente falta de recursos y el resultado según el número de respuestas y criticidad. Los principales causantes de falta de comunicación incluyen:

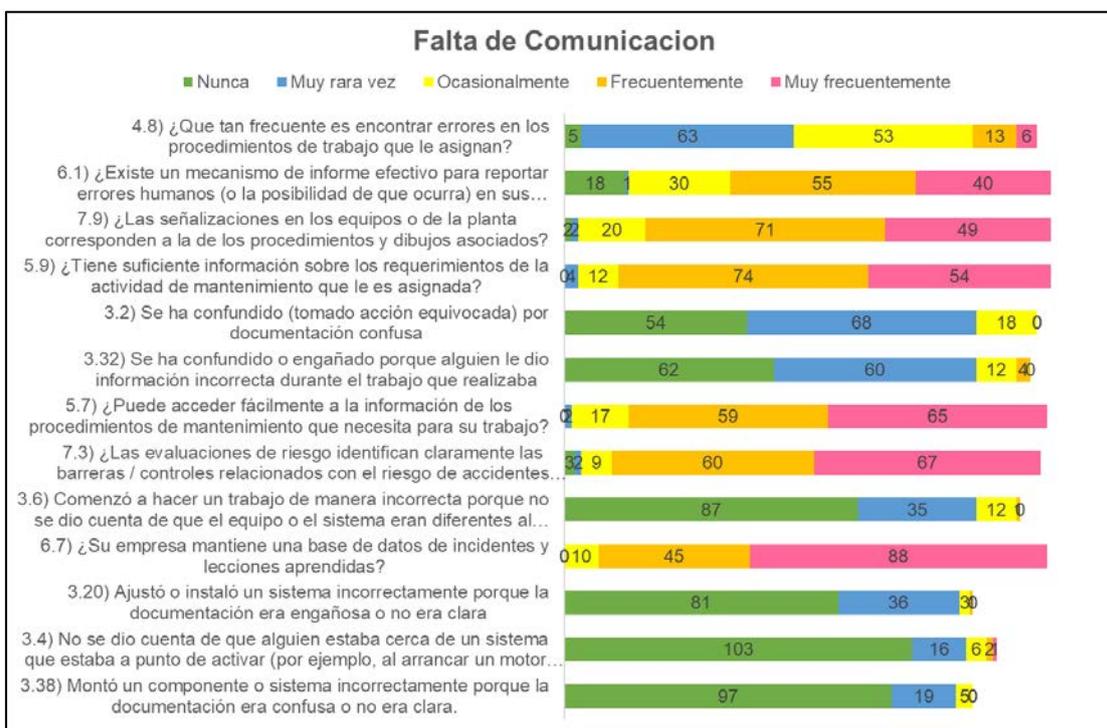
- Es común encontrar errores en los procedimientos de mantenimiento o por causa de documentación confusa
- No es común tener un mecanismo de reporte de errores humanos en el sitio de trabajo
- Para el 17% de los encuestados, las señalizaciones de la planta no corresponden a los dibujos y procedimientos

Tabla 20. Preguntas relacionadas con el factor falta de comunicación

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasional	Frecuente	Muy frecuente	Score
A	4.8) ¿Que tan frecuente es encontrar errores en los procedimientos de trabajo que le asignan?	5	63	53	13	6	0.83
B	6.1) ¿Existe un mecanismo de informe efectivo para reportar errores humanos (o la posibilidad de que ocurra) en sus actividades de mantenimiento?	18	1	30	55	40	0.66
C	7.9) ¿Las señalizaciones en los equipos o de la planta corresponden a la de los procedimientos y dibujos asociados?	2	2	20	71	49	0.43
C	5.9) ¿Tiene suficiente información sobre los requerimientos de la actividad de mantenimiento que le es asignada?	0	4	12	74	54	0.38
C	3.2) Se ha confundido (tomado acción equivocada) por documentación confusa	54	68	18	0	0	0.37
C	3.32) Se ha confundido o engañado porque alguien le dio información incorrecta durante el trabajo que realizaba	62	60	12	4	0	0.35
C	5.7) ¿Puede acceder fácilmente a la información de los procedimientos de mantenimiento que necesita para su trabajo?	0	2	17	59	65	0.35
D	7.3) ¿Las evaluaciones de riesgo identifican claramente las barreras / controles relacionados con el riesgo de accidentes mayores?	3	2	9	60	67	0.34
D	3.6) Comenzó a hacer un trabajo de manera incorrecta porque no se dio cuenta de que el equipo o el sistema eran diferentes al que estaba acostumbrado a usar	87	35	12	1	0	0.23
D	6.7) ¿Su empresa mantiene una base de datos de incidentes y lecciones aprendidas?	0	0	10	45	88	0.23
E	3.20) Ajustó o instaló un sistema incorrectamente porque la documentación era engañosa o no era clara	81	36	3	1	0	0.19
E	3.4) No se dio cuenta de que alguien estaba cerca de un sistema que estaba a punto de activar (por ejemplo, al arrancar un motor o energizar un sistema)	103	16	6	2	1	0.15
E	3.38) Montó un componente o sistema incorrectamente porque la documentación era confusa o no era clara.	97	19	5	0	0	0.12

Fuente: elaboración propia

Figura 26. Resultado según el número de respuestas sobre el factor falta de comunicación y su criticidad



Fuente: elaboración propia

2. Falta de trabajo en equipo: el precursor falta de trabajo en equipo puede propiciar equivocaciones. En la Tabla 21 y la Figura 27, se muestran las preguntas relacionadas con el componente falta de trabajo en equipo y el resultado según el número de respuestas y criticidad. Los factores con mayor influencia son:

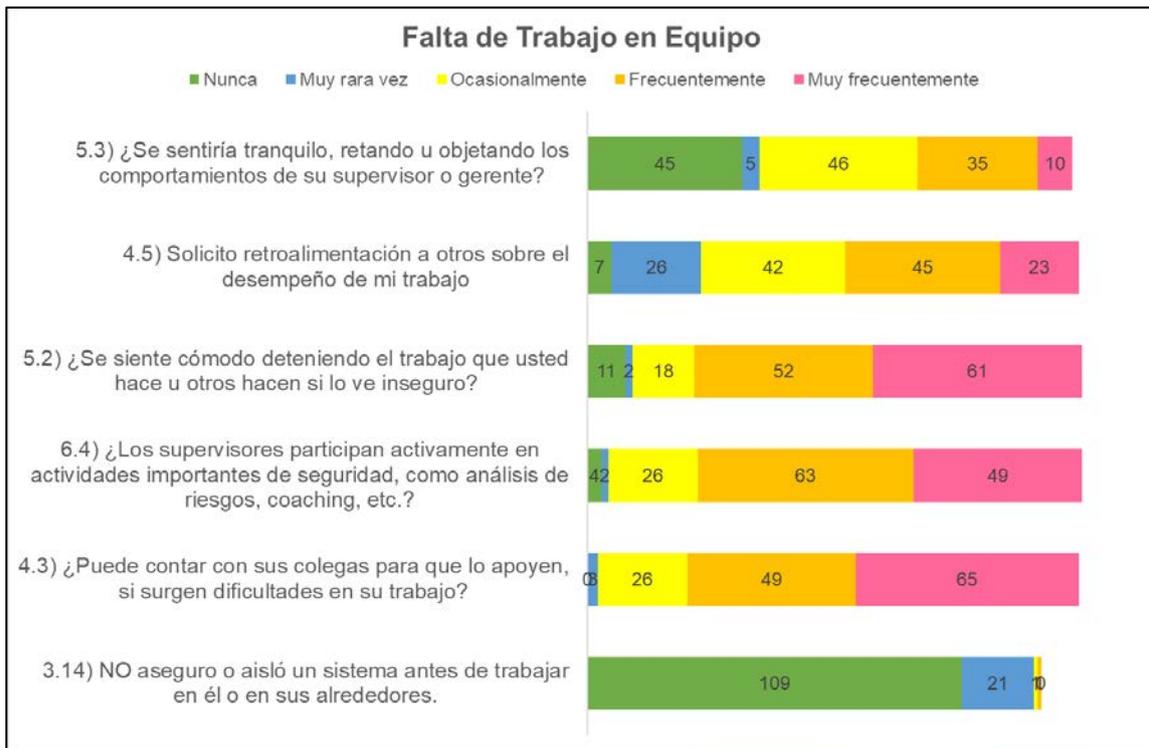
- El personal ocasionalmente o nunca se sentirían tranquilos de objetar o retar los comportamientos de su supervisor o gerente
- Muy rara vez solicitan retroalimentación a sus compañeros de trabajo
- Ocasionalmente se sienten cómodos al detener una labor insegura, por parte de sus compañeros de trabajo

Tabla 21. Preguntas relacionadas con el factor falta de trabajo en equipo

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuentemente	Muy frecuentemente	Score
A	5.3) ¿Se sentiría tranquilo, retando u objetando los comportamientos de su supervisor o gerente?	45	5	46	35	10	1.14
A	4.5) Solicito retroalimentación a otros sobre el desempeño de mi trabajo	7	26	42	45	23	0.82
B	5.2) ¿Se siente cómodo deteniendo el trabajo que usted hace u otros hacen si lo ve inseguro?	11	2	18	52	61	0.48
B	6.4) ¿Los supervisores participan activamente en actividades importantes de seguridad, como análisis de riesgos, coaching, etc.?	4	2	26	63	49	0.48
C	4.3) ¿Puede contar con sus colegas para que lo apoyen, si surgen dificultades en su trabajo?	0	3	26	49	65	0.38
E	3.14) NO aseguro o aislé un sistema antes de trabajar en él o en sus alrededores.	109	21	1	1	0	0.10

Fuente: elaboración propia

Figura 27. Resultado según el número de respuestas sobre el factor falta trabajo en equipo y su criticidad



Fuente: elaboración propia

3. Falta de conocimiento: contradictorio a lo que se piensa al interior de las empresas, los supervisores y determinados documentos corporativos acerca de la falta de conocimiento técnico como uno de los principales focos que conllevan al error humano; a través de la encuesta realizada, se identificó que este factor

NO es uno de los principales precursores de error, pero si se identifica que falta de entrenamiento en el reconocimiento de errores humanos y factores de error es una necesidad. Los elementos que más influyen en este componente son:

- En algunas empresas, el personal no ha recibido entrenamiento sobre el error humano, el precursor fatiga y cómo reconocerlo en el ejercicio de sus funciones
- Ocasionalmente han recibido entrenamiento en manejo de fatiga
- Consideran que con frecuencia reciben el entrenamiento apropiado para contribuir a la buena calidad del trabajo.

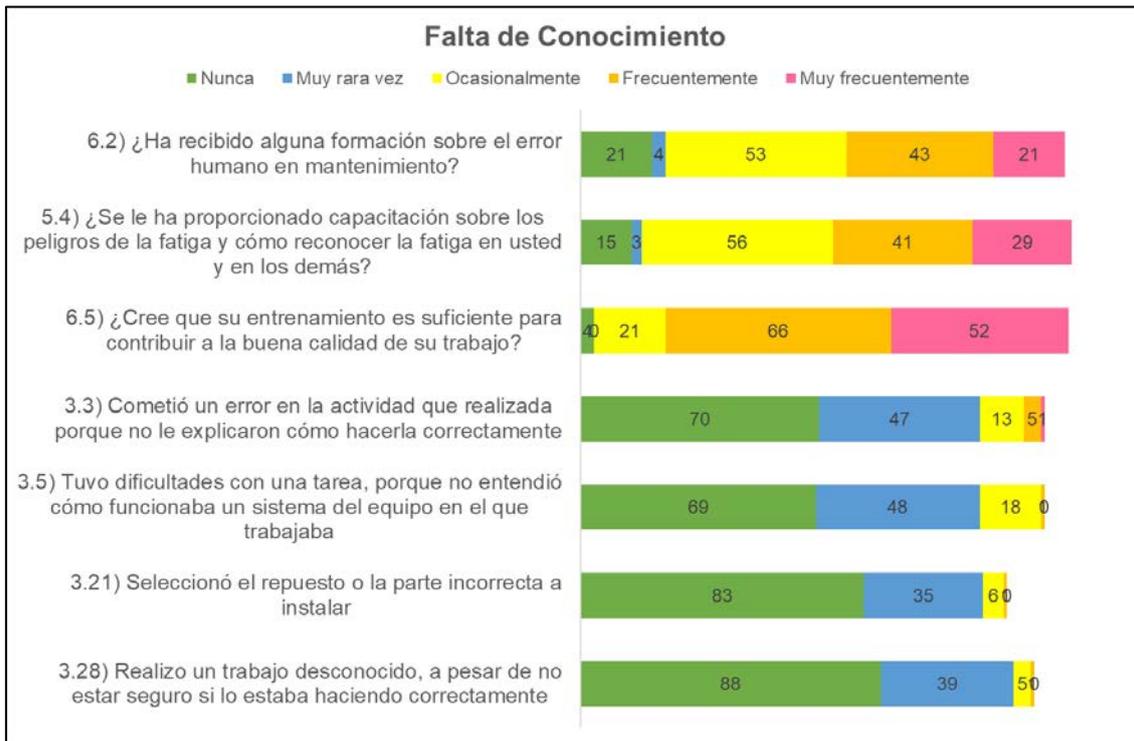
En la Tabla 22 y la Figura 28, se muestran las preguntas relacionadas con el componente falta de conocimiento y el resultado según el número de respuestas y criticidad.

Tabla 22. Preguntas relacionadas con el factor falta de conocimiento

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmen	Frecuentemen	Muy frecuentemen	Score
A	6.2) ¿Ha recibido alguna formación sobre el error humano en mantenimiento?	21	4	53	43	21	0.86
B	5.4) ¿Se le ha proporcionado capacitación sobre los peligros de la fatiga y cómo reconocer la fatiga en usted y en los demás?	15	3	56	41	29	0.77
C	6.5) ¿Cree que su entrenamiento es suficiente para contribuir a la buena calidad de su trabajo?	4	0	21	66	52	0.43
D	3.3) Cometió un error en la actividad que realizada porque no le explicaron cómo hacerla correctamente	70	47	13	5	1	0.34
D	3.5) Tuvo dificultades con una tarea, porque no entendió cómo funcionaba un sistema del equipo en el que trabajaba	69	48	18	1	0	0.32
D	3.21) Seleccionó el repuesto o la parte incorrecta a instalar	83	35	6	1	0	0.20
E	3.28) Realizo un trabajo desconocido, a pesar de no estar seguro si lo estaba haciendo correctamente	88	39	5	1	0	0.20

Fuente: elaboración propia

Figura 28. Resultado según el número de respuestas sobre el factor falta de conocimiento y su criticidad



Fuente: elaboración propia

5.2.2 Resultados de tipos de error y comportamiento inseguros. Para la segunda categoría de análisis, se priorizó en 40 preguntas del cuestionario que fueron organizadas en 6 tipos de error: *Equivocación, Descuido, Desconcentración, Violación situacional, Violación rutinaria, Violación de mejora*, con un total de 5.800 respuestas relacionadas con los errores humanos en mantenimiento clasificadas entre las letras A y E; siendo “A” la subcategoría con mayor importancia para las oportunidades de mejora y la E corresponde a aquella que no requiere oportunidades de mejora.

En la Tabla 23 se muestra la compilación de los diversos tipos de error, en su orden de importancia, según los resultados obtenidos (mayor puntaje representa mayor criticidad).

Tabla 23. Principales errores de error por prioridad

Tipo de error - Acto inseguro	A	B	C	D	E	Total
Violación rutinaria	0,47	0,30			0,14	0,34
Violación de mejora	0,83		0,28	0,20	0,12	0,31
Violación situacional		0,46	0,38	0,24	0,12	0,24
Equivocación		0,34	0,35	0,19	0,09	0,23
Desconcentración		0,37	0,29	0,17	0,16	0,21
Descuido			0,47	0,23	0,12	0,18

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, en la Tabla 24 se presenta la clasificación de las 40 preguntas por número de tipo de error y el puntaje de criticidad. Cabe recordar que, las preguntas clasificadas en A, B y C corresponden a los criterios de análisis sobre los cuales se enfocó el estudio (ver Tabla 25 y Figura 29). Entre los principales errores identificados, se encontró como el factor más frecuente, los errores por *violación*, el más recurrente corresponde al error por *equivocación*, seguido por la *desconcentración*. El error menos reconocido en los resultados de las encuestas fue el generado por *descuido*.

Tabla 24. Principales precursores de error por cantidad

Tipo de error - Acto inseguro	A	B	C	D	E	Total
Equivocación		1,0	3,0	4,0	2,0	10,0
Descuido			1,0	1,0	5,0	7,0
Desconcentración		1,0	1,0	2,0	3,0	7,0
Violación situacional		1,0	1,0	1,0	3,0	6,0
Violación rutinaria	2,0	2,0			1,0	5,0
Violación de mejora	1,0		1,0	1,0	2,0	5,0
Total	3,0	5,0	7,0	9,0	16,0	40,0

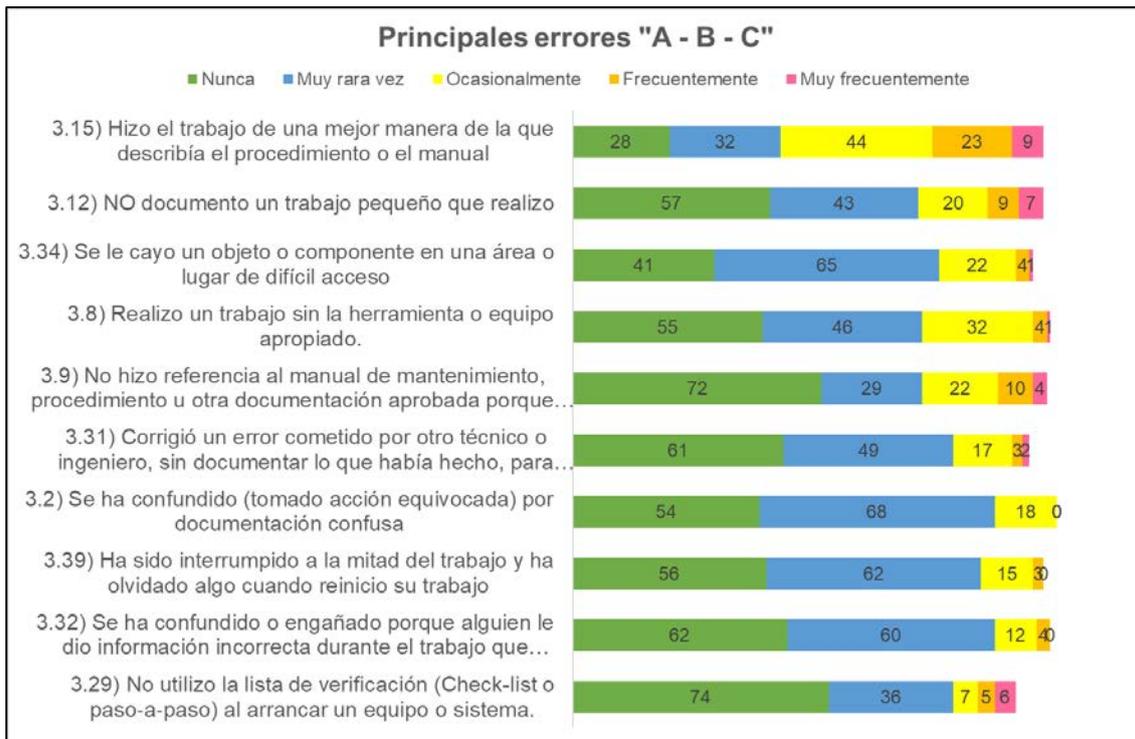
Fuente: elaboración propia

Tabla 25. Preguntas críticas según la clasificación A, B y C por cantidad de errores

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmen	Frecuentemen	Muy frecuentemen	Score
A	3.15) Hizo el trabajo de una mejor manera de la que describía el procedimiento o el manual	28	32	44	23	9	0.83
B	3.12) NO documento un trabajo pequeño que realizo	57	43	20	9	7	0.51
B	3.34) Se le cayó un objeto o componente en una área o lugar de difícil acceso	41	65	22	4	1	0.47
B	3.8) Realizo un trabajo sin la herramienta o equipo apropiado.	55	46	32	4	1	0.46
C	3.9) No hizo referencia al manual de mantenimiento, procedimiento u otra documentación aprobada porque era un trabajo que conocía	72	29	22	10	4	0.43
C	3.31) Corrigió un error cometido por otro técnico o ingeniero, sin documentar lo que había hecho, para evitar que la otra persona se metiera en problemas.	61	49	17	3	2	0.38
C	3.2) Se ha confundido (tomado acción equivocada) por documentación confusa	54	68	18	0	0	0.37
C	3.39) Ha sido interrumpido a la mitad del trabajo y ha olvidado algo cuando reinicio su trabajo	56	62	15	3	0	0.37
C	3.32) Se ha confundido o engañado porque alguien le dio información incorrecta durante el trabajo que realizaba	62	60	12	4	0	0.35
C	3.29) No utilizo la lista de verificación (Check-list o paso a paso) al arrancar un equipo o sistema.	74	36	7	5	6	0.35

Fuente: elaboración propia

Figura 29. Preguntas críticas según la frecuencia y clasificación A, B y C de errores



Fuente: elaboración propia

1. Errores por violaciones: corresponde a la primera subcategoría de la clasificación de los tipos de error humano. Entre las razones identificadas, que conllevan a errores de violación se encontró:

- Violación rutinaria por la falta de documentación de trabajos menores
- Violación rutinaria por no hacer referencia al procedimiento, al justificar que es una labor sobre la cual se tiene conocimiento o al proceder a firmar la tarea antes de completarla
- Violación de mejora: realizar el trabajo de una mejor manera a la definida en el procedimiento, superando los límites para lograr la actividad
- Violación situacional: realizar el trabajo sin la herramienta apropiada o corregir un error cometido por otro, sin informarlo a los supervisores para evitar problemas

En la Tabla 26 y la Figura 30, se muestran las preguntas relacionadas con el componente error por violaciones y el resultado según el número de respuestas y criticidad.

Tabla 26. Preguntas críticas relacionadas con el factor error por violaciones

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuentemente	Muy frecuentemente	Score
A	3.15) Hizo el trabajo de una mejor manera de la que describía el procedimiento o el manual	28	32	44	23	9	0.83
B	3.12) NO documento un trabajo pequeño que realizo	57	43	20	9	7	0.51
B	3.8) Realizo un trabajo sin la herramienta o equipo apropiado.	55	46	32	4	1	0.46
C	3.9) No hizo referencia al manual de mantenimiento, procedimiento u otra documentación aprobada porque era un trabajo que conocía	72	29	22	10	4	0.43
C	3.31) Corrigió un error cometido por otro técnico o ingeniero, sin documentar lo que había hecho, para evitar que la otra persona se metiera en problemas.	61	49	17	3	2	0.38
C	3.29) No utilizo la lista de verificación (Check-list o paso a paso) al arrancar un equipo o sistema.	74	36	7	5	6	0.35

Fuente: elaboración propia

Figura 30. Resultado según el número de respuestas sobre el error de violación



Fuente: elaboración propia

2. Errores por Equivocación, Descuido y Desconcentración: entre las situaciones que se identificaron y conducen a errores de equivocación, descuido y desconcentración se encontró:

- Equivocación: no le explicaron al trabajador cómo realizar la tarea correctamente y al momento de ejecutar la tarea, no entendió cómo funcionaba el sistema a implementar. Otro caso, corresponde a documentarse para el desarrollo de las funciones a efectuar, con información confusa o incorrecta
- Desconcentración: el trabajador fue interrumpido durante la ejecución del trabajo
- Descuido: el trabajador reportó la pérdida de determinado componente durante la ejecución de sus funciones o el elemento se le cayó en un lugar de difícil acceso.

En la Tabla 27 y la Figura 31, se relacionan las preguntas relacionadas con el componente error por equivocación, descuido y desconcentración; y el resultado según el número de respuestas y criticidad.

Tabla 27. Preguntas relacionadas con el factor error por Equivocación, Descuido y Desconcentración

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuentemente	Muy frecuentemente	Score
B	3.34) Se le cayó un objeto o componente en una área o lugar de difícil acceso	41	65	22	4	1	0.47
C	3.2) Se ha confundido (tomado acción equivocada) por documentación confusa	54	68	18	0	0	0.37
C	3.39) Ha sido interrumpido a la mitad del trabajo y ha olvidado algo cuando reinició su trabajo	56	62	15	3	0	0.37
C	3.32) Se ha confundido o engañado porque alguien le dio información incorrecta durante el trabajo que realizaba	62	60	12	4	0	0.35

Fuente: elaboración propia

Figura 31. Resultado según el número de respuestas error de Equivocación, Descuido y Desconcentración

Fuente: elaboración propia



5.2.3 Resultados de modos de desempeño. Se tomaron 38 preguntas del cuestionario realizado y fueron clasificadas de acuerdo con los tres modos de desempeño humano (3 subcategorías): *modo destreza (SB)*, *modo comprensión (KB)* y *modo basado en reglas (RB)*, con un total de 5.510 respuestas relacionadas con los modos de desempeño en mantenimiento. Las respuestas fueron organizadas entre las letras A y E, según el nivel de criticidad; siendo “A” la categoría de mayor importancia para oportunidades de mejora y la E como el rango que no requiere oportunidades de mejora. En la Tabla 28 se relacionan los principales modos de desempeño por prioridad y en la Tabla 29 se presentan los modos de desempeño por cantidad.

Tabla 28. Principales modos de desempeño por prioridad

Modos	A	B	C	D	E	Total
KB		0,4	0,4	0,2	0,1	0,3
RB		0,3	0,4	0,2	0,1	0,2
SB	0,6	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3

Fuente: elaboración propia

Tabla 29. Principales modos de desempeño por cantidad

Modos	A	B	C	D	E	Total
KB		3,0	4,0	3,0	4,0	14,0
RB		1,0	2,0	3,0	7,0	13,0
SB	3,0	1,0	1,0	2,0	4,0	11,0
Grand Total	3,0	5,0	7,0	8,0	15,0	38,0

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos, se relacionan los modos de desempeño encontrados y los elementos que están directamente relacionados con el desempeño durante los errores mantenimiento identificados en esta categoría:

Los trabajadores clasificados en el *modo de desempeño basado en destreza (SB)*, son más propensos a cometer errores por violaciones de trabajo, al no seguir procedimientos o manuales; lo anterior, debido a que el personal justifica realizar la labor con mayor experticia que lo indicado en el procedimiento; sin embargo, en el desempeño basado en destreza, es necesario tener en cuenta las listas de chequeo, para evitar sobrepasar los límites establecidos. En la Tabla 30, se presenta el listado de preguntas relacionadas con este modo de desempeño.

Tabla 30. Preguntas críticas relacionadas con el modo de desempeño basado en destreza (SB)

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmen-	Frecuentemen-	Muy frecuentemen-	Score
A	3.15) Hizo el trabajo de una mejor manera de la que describía el procedimiento o el manual	28	32	44	23	9	0.83
B	3.12) NO documento un trabajo pequeño que realizo	57	43	20	9	7	0.51
C	3.9) No hizo referencia al manual de mantenimiento, procedimiento u otra documentación aprobada porque era un trabajo que conocía	72	29	22	10	4	0.43
C	3.29) No utilizo la lista de verificación (Check-list o paso a paso) al arrancar un equipo o sistema.	74	36	7	5	6	0.35

Fuente: elaboración propia

Se evidenció que los trabajadores clasificados en el *modo basado en reglas (RB)*, corresponden a aquellos que cometen errores por equivocación, cuando documentan los procedimientos de manera confusa o proporcionan información incorrecta durante la ejecución del trabajo. A su vez, cometen errores de violación al firmar una tarea, antes de completarla en el paso a paso. En la Tabla 31, se muestra el listado de preguntas relacionadas con este modo de desempeño.

Tabla 31. Preguntas criticas relacionadas con el modo de desempeño basado en reglas (RB)

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmen	Frecuentemen	Muy frecuentemen	Score
C	3.2) Se ha confundido (tomado acción equivocada) por documentación confusa	54	68	18	0	0	0.37
C	3.32) Se ha confundido o engañado porque alguien le dio información incorrecta durante el trabajo que realizaba	62	60	12	4	0	0.35

Fuente: elaboración propia

Por último, los trabajadores clasificados en *modo basado en comprensión (KB)*, reportan cometer errores debido a la falta de inducción sobre cómo realizar el trabajo apropiadamente, no comprendieron en el momento, cómo funcionaba el sistema, fueron interrumpidos a la mitad del trabajo y no utilizaron la herramienta o equipos apropiados. En la Tabla 32, se presenta el listado de preguntas relacionadas con este modo de desempeño.

Tabla 32. Preguntas criticas relacionadas con el modo de desempeño basado en comprensión (KB)

Fuente: elaboración propia

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmen	Frecuentemen	Muy frecuentemen	Score
B	3.34) Se le cayó un objeto o componente en una área o lugar de difícil acceso	41	65	22	4	1	0.47
B	3.8) Realizo un trabajo sin la herramienta o equipo apropiado.	55	46	32	4	1	0.46
C	3.31) Corrigió un error cometido por otro técnico o ingeniero, sin documentar lo que había hecho, para evitar que la otra persona se metiera en problemas.	61	49	17	3	2	0.38
C	3.39) Ha sido interrumpido a la mitad del trabajo y ha olvidado algo cuando reinicio su trabajo	56	62	15	3	0	0.37

5.2.4 Resultados de fallas latentes - influencia organizacional. En esta categoría, se seleccionaron 82 preguntas del cuestionario para ser clasificadas en las fallas latentes o sistemáticas de error; tendiendo así ocho componentes: *gerencia/organización y liderazgo; entrenamiento y conocimiento; bienestar psicológico y físico; supervisión y planeación; procedimientos; lecciones aprendidas; equipos y diseño de trabajo; prácticas de trabajo seguro.* De las 82 preguntas, fueron recibidas 145 encuestas con un total de 111.890 respuestas.

Cada uno de los componentes se organizó entre las letras A y E, según el nivel de criticidad; siendo “A” la categoría de mayor importancia para oportunidades de mejora y la E como el rango que no requiere oportunidades de mejora (ver Tabla 33). Por otra parte, en la Tabla 34 se muestran los principales componentes, según la cantidad de respuestas.

Tabla 33. Principales componentes de fallas latentes o sistemáticas de error según prioridad

Fallas latentes	A	B	C	D	E	Total
Gerencia/organización y liderazgo	1,2	0,7	0,3	0,4	0,2	0,8
Entrenamiento y conocimiento	0,9	0,3	0,4	0,2		0,5
Bienestar psicológico y físico	0,8	0,7	0,3	0,2	0,2	0,5
Supervisión y planeación	0,9	0,5	0,5	0,2	0,3	0,4
Procedimientos	0,7	0,3	0,4	0,2	0,2	0,4
Lecciones aprendidas			0,4		0,3	0,3
Equipos y diseño de trabajo			0,5	0,2	0,1	0,2
Prácticas de trabajo seguro		0,5	0,4	0,3	0,1	0,2

Fuente: elaboración propia

Tabla 34. Principales componentes de fallas latentes o sistemáticas de error según cantidad de respuestas

Fallas latentes	A	B	C	D	E	Total
Procedimientos	5	2	2	4	4	17
Supervisión y planeación	1	3	7	2	3	16
Bienestar psicológico y físico	1	6	2	1	4	14
Prácticas de trabajo seguro		1	2	1	7	11
Gerencia/organización & liderazgo	4	1	2	1	1	9
Equipos y diseño de trabajo			2	2	3	7
Entrenamiento y conocimiento	2	1	2	1		6
Lecciones aprendidas			1		2	3
Total	13	14	20	12	24	83

De acuerdo con lo anterior, las cinco principales **fallas latentes** del sistema en su orden de importancia o criticidad, que fueron identificadas como causa raíz para conllevar a **errores humanos** en las actividades de mantenimiento son:

1. Gerencia/organización y liderazgo
2. Procedimientos
3. Supervisión y coordinación
4. Bienestar psicológico y físico
5. Entrenamiento y conocimiento

Por otra parte, tres de las ocho fallas latentes que mejor se están gestionando corresponden a:

1. Prácticas de trabajo seguro
2. Lecciones aprendidas
3. Equipos y diseño de trabajo

Asimismo, en el Anexo B se puede evidenciar el resultado total de las preguntas.

5.2.4.1 Gerencia/organización y liderazgo: con el 14.89% de prioridad, se identificó como uno de los componentes con causantes latentes de error, en la Tabla 35 se muestran las preguntas y resultados alusivos a este elemento. Estas fallas latentes conllevan a precursores de error como: falta de recursos, estrés, complacencia y falta de comunicación; estas causas resultan como consecuencia de situaciones como:

- El trabajador debe dar explicación de sus acciones a la gerencia, al momento de presentar retrasos en el desarrollo de una actividad; por consiguiente, para alcanzar a realizar el trabajo a tiempo ocasionalmente rompe reglas establecidas.
- Las decisiones que toman los técnicos de mantenimiento están principalmente influenciadas por razones de costos.
- El error humano es visto como una falla del operador o del trabajador y no como la necesidad de implementar mecanismos de reporte de errores humanos.

- Los trabajadores NO se sienten tranquilos, al objetar o retar ciertos comportamientos de sus supervisores o gerentes
- En ocasiones, perciben que cuando los líderes o gerentes perciben un problema de seguridad en el trabajo, no toman en cuenta las respectivas acciones de mejora

Tabla 35. Preguntas críticas relacionadas con el componente gerencia, organización y liderazgo

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmen	Frecuentemen	Muy frecuentemen	Score
A	2.1) En su opinión, el personal de mantenimiento que retrasa una actividad debe dar explicación de sus acciones a la gerencia.	7	0	48	30	60	1.47
A	2.2) Las decisiones que tomo relacionadas con mantenimiento, están influenciadas por razones de costos.	19	0	58	44	22	1.17
A	5.3) ¿Se sentiría tranquilo, retando u objetando los comportamientos de su supervisor o gerente?	45	5	46	35	10	1.14
A	5.1) El error humano en mi lugar de trabajo es visto como una falla del operador o del trabajador?	24	3	54	43	18	1.10
B	6.1) ¿Existe un mecanismo de informe efectivo para reportar errores humanos (o la posibilidad de que ocurra) en sus actividades de mantenimiento?	18	1	30	55	40	0.66
C	4.6) ¿La gerencia superior y/o Seguridad, toman las medidas adecuadas para prevenir la repetición o prevención del accidentes?	4	7	16	59	58	0.44
C	2.4) Cuando los líderes o gerentes se dan cuenta de un problema de seguridad en el trabajo, toman acciones de mejora	0	0	28	44	70	0.35

Fuente: elaboración propia

5.2.4.2 Procedimientos: el factor latente de procedimientos se identificó con el 17.02% de prioridad de las causas latentes de error, en la Tabla 36 se presenta el listado de preguntas relacionadas con este componente. Este elemento conlleva a precursores de error alusivos a la complacencia, falta de comunicación y falta de conciencia; asimismo, están acompañadas por situaciones como:

- Errores en los procedimientos e información confusa en las instrucciones.
- El procedimiento no es documentado de manera óptima y acorde con el desarrollo de la labor
- Cuando el trabajador no es confrontado al no seguir los procedimientos
- La falta de documentación de trabajos menores o conocidos previamente y la implementación del *check list*

- El trabajador no firma los pasos de procedimientos antes o después de realizar la tarea
- No existe un proceso formal para informar los procedimientos incorrectos o que no es posible seguir

Tabla 36. Preguntas relacionadas con el componente procedimientos

Fuente: elaboración propia

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuentemente	Muy frecuentemente	Score
A	6.10) ¿Es usted desafiado, o le llaman la atención si se le ve NO siguiendo los procedimientos de mantenimiento?	43	6	21	40	32	0.96
A	4.8) ¿Que tan frecuente es encontrar errores en los procedimientos de trabajo que le asignan?	5	63	53	13	6	0.83
A	3.15) Hizo el trabajo de una mejor manera de la que describía el procedimiento o el manual	28	32	44	23	9	0.83
B	3.12) NO documento un trabajo pequeño que realizo	57	43	20	9	7	0.51
C	4.9) ¿El procedimiento que le asignan para realizar la tarea es fácil de seguir y de entender?	1	4	18	66	45	0.44
C	3.9) No hizo referencia al manual de mantenimiento, procedimiento u otra documentación aprobada porque era un trabajo que conocía	72	29	22	10	4	0.43
C	7.2) ¿Tiene un proceso formal para informar cuando los procedimientos no son correctos o no se pueden seguir?	13	1	3	57	67	0.42
C	3.2) Se ha confundido (tomado acción equivocada) por documentación confusa	54	68	18	0	0	0.37
C	3.29) No utilizo la lista de verificación (Check-list o paso a paso) al arrancar un equipo o sistema.	74	36	7	5	6	0.35
C	5.7) ¿Puede acceder fácilmente a la información de los procedimientos de mantenimiento que necesita para su trabajo?	0	2	17	59	65	0.35

5.2.4.3 Supervisión y planeación: el factor de supervisión y planeación se identificó con el 25.53% de las causas latentes de error, este elemento está asociado a tres precursores de error (presión, estrés, falta de recursos), que, a su vez, están acompañadas de situaciones como:

- Los trabajadores dejan una tarea incompleta para hacer un trabajo más urgente, son interrumpidos en la mitad del trabajo y no asignan el tiempo suficiente para la tarea
- Realizan actividades sin la herramienta apropiada
- No se sienten tranquilos al reportar errores a los supervisores
- Ocasionalmente no se asigna el tiempo apropiado para la planificación del trabajo seguro, entrega de turnos y se presenta poca participación de los supervisores en el análisis de seguridad

En la Tabla 37, se muestra el listado de preguntas relacionadas con el componente supervisión y planeación.

Tabla 37. Preguntas relacionadas con el componente supervisión y planeación

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasional	Frecuente	Muy frecuente	Score
A	2.5) En un día normal de trabajo, tengo que dejar una tarea incompleta para hacer un trabajo más urgente.	19	0	112	12	2	0.92
B	4.7) Si cometo un error, u olvido hacer algo en la actividad, me siento tranquilo de reportar a mi supervisor o compañeros sin temor a represarías	6	19	23	45	45	0.62
B	4.10) ¿Se asigna suficiente tiempo entre relevo para hacer entregas de turno confiables?	1	12	22	46	30	0.59
B	7.7) ¿Se asigna tiempo suficiente para llevar a cabo la planificación del trabajo seguro (por ejemplo, evaluaciones de riesgos, HAZOPS, etc.)?	5	3	36	64	35	0.58
B	6.3) Si plantea un problema con su supervisor, ¿confía en que le hará seguimiento para solucionarlo?	2	1	38	70	32	0.55
B	6.4) ¿Los supervisores participan activamente en actividades importantes de seguridad, como análisis de riesgos, coaching, etc.?	4	2	26	68	49	0.48
B	3.8) Realizo un trabajo sin la herramienta o equipo apropiado.	55	46	32	4	1	0.46
B	5.8) ¿Se le asignan los equipos, repuestos y herramientas correctas cada vez que realiza un Mantenimiento?	2	0	24	74	43	0.45
C	5.10) ¿El trabajo está categorizado y priorizado apropiadamente? es decir, el trabajo crítico para la seguridad recibe el tiempo adecuado para realizarlo	2	1	19	65	57	0.40
C	5.9) ¿Tiene suficiente información sobre los requerimientos de la actividad de mantenimiento que le es asignada?	0	4	12	74	54	0.38
C	3.31) Corrigió un error cometido por otro técnico o ingeniero, sin documentar lo que había hecho, para evitar que la otra persona se metiera en problemas.	61	49	17	3	2	0.38
C	3.39) Ha sido interrumpido a la mitad del trabajo y ha olvidado algo cuando reinicio su trabajo	56	62	15	3	0	0.37
C	3.32) Se ha confundido o engañado porque alguien le dio información incorrecta durante el trabajo que realizaba	62	60	12	4	0	0.35

Fuente: elaboración propia

5.2.4.4 Bienestar psicológico y físico: este factor se identificó con el 19.1% de las causas latentes de error, que conlleva a tres precursores de error (fatiga, falta de trabajo en equipo, estrés) y sus orígenes están asociados a situaciones como:

- Falta de retroalimentación sobre el desempeño en el sitio de trabajo y de encontrar en sus colegas una red de apoyo, respecto a sugerencias que surgen cuando se presentan dificultades al ejercer el trabajo
- Se sienten bajo presión (percibida o real) al asumir mayor cantidad de trabajo; a su vez, no están seguros de reportar cansancio o sobrecarga
- Pocos aspectos nuevos e interesantes se manifiestan en el sitio de trabajo; por ello, los trabajadores pueden llegar a sentirse desanimados o aburridos por las labores a realizar

- Ocasionalmente o rara vez, el personal tiene capacitación sobre los peligros de la fatiga y cómo identificarla en las labores cotidianas
- Ocasionalmente se hace seguimiento a las horas extras y el cambio de turno para ayudar a prevenir la fatiga

En la Tabla 38, se muestra el listado de preguntas relacionadas con el componente bienestar psicológico y físico.

Tabla 38. Preguntas relacionadas con el componente bienestar psicológico y físico

Rank	Pregunta	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuentemente	Muy frecuentemente	Score
A	6.6) ¿Se siente cómodo rechazando las tareas para las que no se siente competente de realizarlas?	32	9	41	40	22	0.96
A	6.2) ¿Ha recibido alguna formación sobre el error humano en mantenimiento?	21	4	53	43	21	0.86
C	6.5) ¿Cree que su entrenamiento es suficiente para contribuir a la buena calidad de su trabajo?	4	0	21	66	52	0.43

Fuente: elaboración propia

Uno de los componentes significativos fue la *fatiga*, como uno de los principales contribuyentes de error; al respecto, es evidente que los profesionales de mantenimiento son expuestos a largas jornadas de trabajo, las cuales pueden ser causadas por deficiente planeación y fallas inesperadas de equipos. En consecuencia, la fatiga está particularmente asociada con fallas en el logro de objetivos, llevando a los olvidos, las equivocaciones y fallas para detectar problemas. Al mismo tiempo, el estricto seguimiento en la duración de las jornadas de trabajo permanece como uno de los modos de control por parte de las empresas; por ello, resulta razonable definir reglas puntuales y auditables, al incorporar principios de gestión de la fatiga al interior de los procesos de gestión.

Otro de los componentes relevantes de mejora es el *estrés*, principalmente por la manera en que los gerentes y supervisores de mantenimiento responden a las fallas o errores de los técnicos, en este aspecto, los resultados revelaron que los técnicos sienten estrés de reportar sus errores al percibir que serán acusados cuando algún proceso no funcione; por consiguiente, se debe propiciar un ambiente en que los técnicos deben sentirse cómodos al reportar errores bajo la

garantía que no serán culpados o se tomarán represalias en su contra. Al mismo tiempo, es indispensable trabajar en la respuesta de los gerentes y supervisores frente a las fallas, al ser conscientes que el reporte del error puede reducir o evitar consecuencias. Este proceso es lento, sin embargo, en un largo plazo puede mejorar la calidad y la confiabilidad de la función de mantenimiento.

En las encuestas se evidenció que los técnicos e ingenieros poseen un entrenamiento técnico apropiado, sin embargo, no han sido capacitados para el reconocimiento del estrés, la fatiga, la retroalimentación entre compañeros de trabajo; así como, la identificación, reporte de errores y controles para evitar consecuencias en caso de fallas. En este aspecto, se observan las diferencias respecto a la teoría consultada, en razón a que se supondría que el entrenamiento es uno de los principales medios para evitar errores y en el que las empresas invierten un alto porcentaje del presupuesto; no obstante, en la cotidianidad, es necesario entrenar e invertir en proporcionar orientación al personal de mantenimiento en el desempeño humano o factores de error.

Adicional a lo anterior, se encontró que en las empresas existen falencias respecto al factor *procedimientos*, principalmente porque los técnicos son percibidos como carga de trabajo adicional, en lugar de un grupo de personas que están contribuyendo con su trabajo de la mejor manera. Por tanto, los procedimientos para el personal son difíciles de seguir y no hay precisión sobre los mismos, como consecuencia de ello, los técnicos no confían ni se acogen a los procedimientos. Por esta razón, es indispensable que en las compañías se asigne un porcentaje significativo del presupuesto anual para proporcionar cambios en este aspecto, junto con la actualización y simplificación de los procedimientos que les corresponde a los gerentes de mantenimiento. No contar con un sistema actualización temprana de las mejoras de procedimientos reportadas por los técnicos, conlleva a optar por hacer caso omiso de estos.

A partir de las encuestas, se logró validar respecto a la teoría de los modos de desempeño aspectos como: los técnicos en modo destreza (SB) tienden a no seguir los procedimientos y las distracciones pueden llevarlos a cometer errores; por otra parte, los técnicos en modo conocimiento (KB) tienen la tendencia de

cometer más errores cuando los procedimientos y/o instrucciones de trabajo no son confiables, sencillos y continuos. En este punto, se observa que los componentes mencionados con anterioridad proporcionaron un diagnóstico general sobre lo que sucede al interior de las compañías y los causales constantes de error humano que están relacionados con la falta de atención e interés del personal de rangos de dirección y liderazgo, hacia los técnicos y demás interventores que llevan a cabo funciones tan importantes como las corporativas.

6. RECOMENDACIONES

En el desarrollo del ejercicio de investigación, a partir de los resultados hallados, se identificó un conjunto de recomendaciones basadas en el análisis de las encuestas; en consecuencia, se proponen diversas alternativas como punto de partida para iniciar el proceso de mejora del desempeño humano y reducción de factores de error. Estas sugerencias pueden ser implementadas por compañías del sector industrial, en especial, el sector petróleo y gas.

Respecto a los precursores de error por causas latentes y sus principales precursores de error, de acuerdo con el nivel de criticidad basado en la frecuencia reportada en las encuestas, se destacan es su orden de importancia, componentes como:

- **Fallas en la gestión y equipo de liderazgo:** los resultados obtenidos respecto a los principales precursores de error y las oportunidades de la gerencia y el equipo de liderazgo, permite resaltar que el *estrés* causado en los trabajadores como consecuencia de la culpabilidad ejercida por cometer errores; asimismo, se percibe cuando el personal para no dar explicaciones por los retrasos en el desarrollo de las actividades, empieza a omitir que se convierten en violaciones. Por otra parte, se presenta la *falta de trabajo en equipo*, cuando los empleados no se sienten cómodos al objetar o retar un comportamiento de los gerentes o líderes. Por último, la *falta de recursos*, dado que las decisiones asociadas con el mantenimiento están influenciadas por razones de costos.

En relación con esto, se recomienda transformar la cultura de culpabilidad hacia los trabajadores por los errores cometidos, al tratar de identificar las razones del sistema que condujeron al error, entrenando a los supervisores sobre cómo responder al reporte de fallas, daños o eventos no esperados, para lograr entender el contexto que conllevó al error. Al respecto, se sugiere aplicar la carta de bolsillo propuesta por Tod Conlkin, con las nueve preguntas para responder a fallos.

No solo se debe observar cuando las actividades se demoran, también es necesario revisar cuando una labor sea realizada de manera más rápida de lo esperado, se deben identificar las razones que lo causaron y examinar si hubo alguna desviación. A su vez, la organización debe procurar no ejercer sobre los técnicos, la misma presión que los gerentes o líderes tienen, justificando que se deben reducir costos; por el contrario, es necesario asignar el presupuesto apropiado para aquellas tareas de mayor criticidad, en especial con inversión en herramientas apropiadas para ejercer las funciones a cabalidad. En este sentido, es indispensable fomentar la retroalimentación entre todos los departamentos de manteniendo (supervisor – técnicos – supervisor y técnicos – técnicos), con el fin de entrenar a los supervisores sobre la comunicación asertiva que conduce a aprender a escuchar y expresar con libertad las opiniones y recomendaciones de los técnicos de mantenimiento.

- **Falla en los procedimientos:** en relación con el componente *complacencia*, se observó que al no describir de forma correcta los procedimientos, por consiguiente, las actividades no se desarrollarán con precisión y de acuerdo con la perspectiva que tengan los técnicos (violación); de igual manera, se precisa que los técnicos no son confrontados al incumplir el procedimiento. Otro de los elementos deficientes corresponde a la *falta de comunicación*, en razón a los continuos errores que se cometen en los procedimientos de trabajo asignados.

Respecto a lo anterior, se recomienda hacer procedimientos más simples y claros que guíen a los técnicos en las actividades, verificar y validar el sitio de trabajo junto con los ejecutantes de cada procedimiento, en especial los críticos, con el objetivo de reafirmar los componentes que requiere el procedimiento a ejecutar. Se requiere clasificar los procedimientos críticos, definir periodos de revisión y actualización oportuna, cuando se presenten desviaciones identificadas por los técnicos; alterno a ello, se debe implementar un sistema que permita actualizar y reportar desviaciones en los procedimientos, reforzar el uso de procedimientos en las tareas críticas y disponer un lugar de fácil acceso, para la consulta de procedimientos y manuales de mantenimiento para los técnicos.

- **Fallas en la supervisión y coordinación del mantenimiento:** se identificaron oportunidades de mejora para el componente *presión*, específicamente cuando el trabajador debe dejar una tarea incompleta para realizar otra más urgente. Otro elemento se relaciona con la *falta de conciencia*, dado que las compañías permiten que el personal realice actividades que parecen “comunes” y se desconoce la necesidad del procedimiento. El *estrés* es relevante, debido a que habitualmente el trabajador no encuentra apoyo en sus superiores, lo cual conduce al temor a represalias en caso de reportar un error.

De acuerdo con lo anterior, se sugiere incrementar la cultura de responsabilidad entre los técnicos de mantenimiento de primera línea, con el fin de incrementar el sentido de pertenencia y reducir el aburrimiento. La planeación y priorización de las tareas críticas es indispensable para evitar que estas sean postpuestas y que el personal técnico deba cambiar de actividad; asimismo, es necesario preguntar a los trabajadores de primera línea sobre soluciones para realizar los trabajos de mejor manera, desarrollar estrategias para que los técnicos reporten sus errores e identificar qué falencias en el sistema están conduciendo a los errores, a partir de una apropiada gestión y seguimiento de las acciones de mejora. Por otra parte, para los trabajos críticos es indispensable garantizar los recursos de personal, herramientas y repuestos apropiados; así como, otorgar confianza a los técnicos para que reten los comportamientos de los supervisores sin necesidad de represarías y garantizar el tiempo apropiado para las entregas de turno.

- **Fallas en la gestión del bienestar psicológico y físico:** en los resultados encontrados, se destacó el componente *fatiga*, el cual permitió identificar que los trabajadores no se sienten tranquilos o motivados de reportar sobrecarga laboral, se sienten desanimados por las actividades de trabajo y las largas jornadas de trabajo. Por otra parte, el personal se siente bajo presión (percibida o real) para asumir más trabajo, sumando a la *falta de trabajo en equipo* al no recibir o proporcionar retroalimentación entre compañeros de trabajo sobre sus respectivas actividades.

Respecto a estos elementos de mejora, se recomienda dar lugar a conversaciones abiertas y sinceras entre los líderes, supervisores y gerentes con los trabajadores de primera línea; permitir la rotación de actividades rutinarias y monótonas, en especial para empleados con experiencia e implementar un sistema de reporte confidencial de errores diarios durante las actividades de trabajo. Para trabajos críticos, se deben identificar los posibles factores de error con anterioridad e implementar salvaguardas, debido a que los precursores hallados, podrían conllevar al error durante las tareas; de igual modo, es necesario realizar encuestas laborales para identificar el bienestar laboral y oportunidades de mejora, fomentar la retroalimentación entre compañeros de trabajo y supervisores, de manera abierta y honesta; e identificar las zonas de trabajo de difícil acceso o incómodas al momento de realizar el trabajo de mantenimiento.

- **Fallas en la gestión del entrenamientos y competencias:** la *falta de conocimiento* fue hallada como una oportunidad de mejora, en razón a que los trabajadores reportan cometer errores porque no se les ha explicado correctamente cómo realizar una tarea o no comprendieron en el momento cómo funcionaba un sistema o componente. Adicionalmente, la *presión* es un elemento relevante, debido a la incomodidad que le genera al personal reportar debilidades en conocimientos o competencias, respecto al ejercicio de una actividad asignada.

Para ello, se sugiere implementar programas de entrenamiento para la identificación de factores de error humano y precursores de error, que a su vez incluya los diferentes modos de desempeño identificados en este estudio. Es indispensable desarrollar planes de entrenamiento cruzado en las actividades, entre técnicos de menor experiencia con técnicos de mayor experiencia; adicional a ello, se propone realizar listas de chequeo para los técnicos con los conocimientos correspondientes y facilitar la honesta objeción, al no sentirse con las competentes para realizar una labor.

- **Indicadores de gestión:** se recomiendan indicadores de gestión para seguir el desarrollo del programa de factores de error como son: indicadores de

presupuesto asignado para la mejora y actualización de procedimientos, de la misma manera, para bienestar de los trabajadores y el manejo de fatiga como aspecto relevante. Es necesario incluir indicadores de vigencia de actualización de los procedimientos y duración para la actualización; adicionalmente número de reportes de errores y acciones identificadas de errores.

7. CONCLUSIONES

Se evidenció que el ejercicio realizado por medio de las encuestas permitió obtener respuestas honestas y reales sobre el contexto cotidiano de los empleados del área de mantenimiento, de cinco de las empresas más influyentes en el sector petrolero y gas; por consiguiente, representa una fuente confiable y útil para identificar oportunidades de mejora. A partir de ello, se precisa que, el sector industrial en Colombia, en especial el sector petrolero y gas, posee oportunidades de mejora respecto a la calidad del mantenimiento y la confiabilidad de sus plantas de trabajo; por tanto, el primer paso debe darse al integrar el área de gestión humana y/o seguridad industrial con el departamento de mantenimiento de la compañía. Lo anterior, permite que los gerentes de mantenimiento y operaciones se involucren en el aprendizaje de conceptos de modos de desempeño, precursores de error y demás componentes relacionados con el error humano, hasta llegar a comprender y normalizar el reporte de fallas por parte de los técnicos.

En definitiva, se logró el desarrollo de los objetivos planteados, en primer lugar, al brindar a las empresas de mantenimiento del sector, un estado inicial sobre cómo los técnicos e ingenieros perciben la gestión de factores error en sus empresas. En segundo lugar, el análisis y recomendaciones generales de cada oportunidad de mejora, podrá ser implementada por las empresas, con el fin de mejorar la calidad del servicio de mantenimiento; en este sentido, gerentes y líderes de mantenimiento podrán iniciar la activación de programas de mejoramiento continuo, al seguir las sugerencias y hallazgos de este documento.

A su vez, se identificó la relevancia del programa de Gerencia de Mantenimiento en la introducción sobre los fundamentos de factores de error y el desempeño humano como factor nuevo en el sector industrial, pero ampliamente popular en el sector de la aviación. Lo anterior, en razón a que las universidades se han enfocado en el desarrollo técnico del mantenimiento, pero han mostrado poco interés en esta área de profundización, debido a que es percibida como parte exclusiva de departamentos de seguridad y salud en el trabajo y/o gestión

humana; sin embargo, como se demostró en este proyecto de investigación, los factores de error y el desempeño son parte fundamental en la mejora de la calidad de las reparaciones y la confiabilidad de las facilidades.

La función mantenimiento en el sector industrial dedica esfuerzos al estudio y tendencias de fallas de equipos, modos de fallo y análisis de fallo de equipos; sin embargo, no ha centrado su interés en la recolección de errores humanos en las actividades. Al respecto, se considera importante iniciar con la implementación de sistemas para reportar errores por parte de los técnicos en sus actividades diarias, proporcionando un entorno de confianza y tranquilidad al momento de reportar sus errores; asimismo, los supervisores y gerentes deben ser receptivos al recibir reportes de error, sin buscar culpables y con una perspectiva propositiva que permita observar el error reportado como una oportunidad de cambio. Cabe resaltar que, la industria de la aviación actualmente cuenta con sistemas de reporte de errores y análisis de tendencias, tal como se evidenció a lo largo del documento.

Para la implementación de este modelo propuesto de gestión de factores de error en mantenimiento, es necesario ser consciente de la complejidad del proceso, en razón a que no se alcanza con resultados inmediatos; de igual manera, se requiere del compromiso de los gerentes y líderes de mantenimiento, para lo cual requerirá fortalecer sus destrezas y conocimientos sobre factores de error y métodos de gestión de fallas. Para esto, se podrán tomar como referente las acciones de empresas de mantenimiento del sector de la aviación y las estrategias que han planteado para el proceso de gestión de errores y factores de error, con el objetivo de generar aprendizajes y alcanzar un mayor impacto.

BIBLIOGRAFÍA

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety. American Institute of Chemical Engineers. Wiley-AIChE. 1994.

CIVIL AVIATION AUTHORITY. Apendix H, The “Dirty Dozen”. En: Aviation maintenance human factors (JAA JAR145). 2002. [En línea] <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2036.pdf>

CONKLIN, Todd. Pre-accident investigations book. Routledge. 2012.

DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Human performance improvement handbook. Washington D.C. 2009. Vol. 1. [En línea] https://www.standards.doe.gov/standards-documents/1000/1028-BHdbk-2009-v1/@_@images/file

DUPONT, G. The Dirty Dozen Errors in Maintenance. En: Human Error In Aviation Maintenance. 1997. [En línea] https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/human_factors_maintenance/human_error_in_aviation_maintenance.pdf

GARCÍA, Isabel. Confiabilidad humana y su aplicación en la investigación de incidentes y accidentes laborales. Bogotá: Universidad Católica de Manizales. Tesis de posgrado. 2018. [En línea] <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/handle/10839/2178>

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. Improving Compliance with Safety Procedures, Reducing Industrial Violations. United Kingdom. 1995. [En línea] <http://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/improvecompliance.pdf>

HOBBS, Alan; WILLIAMSON, Ann. Aircraft Maintenance Safety Survey – Results. Department of Transport and Regional Services y Australian Transport Safety Bureau. [En línea] https://www.atsb.gov.au/media/30080/sir199706_002.pdf

HOLLNAGEL, Erick. Cognitive Reliability and Error Analysis Method. Elsevier Science. 1998.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Managing human performance to improve nuclear facility operation. Viena. 2013. [En línea] https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1623_web.pdf

RANKIN, William. MEDA Investigation Process. En: Boeing. Chicago. 2007. [En línea] https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_2_07/AERO_Q2_07_article3.pdf

REASON, James. Approaches to controlling maintenance error. En: Human error in aviation maintenance. 1997. [En línea] https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/human_factors_maintenance/human_error_in_aviation_maintenance.pdf

REASON, James. Human Error. United Kingdom: Cambridge University Press. 1990.

REASON, James. Managing the Risks of Organizational Accidents. Ashgate. 1998.

REASON, James; HOBBS, Alan. Guía práctica para la gestión de errores de mantenimiento. Coca Ratón: Ashgate. 2003.

RODRÍGUEZ, Yunier. Modelo de uso de información para la toma de decisiones estratégicas en organizaciones de información cubanas. Universidad de Granada y Universidad de la Habana. Tesis doctoral. 2014. [En línea] <https://hera.ugr.es/tesisugr/23997461.pdf>

RUMMLER, Geary y BRACHE, Alan. Improving Performance: How to Manage the White Space in the Organization Chart. Jossey-Bass. 1990.

SHAPPELL, Scott.; WIEGMANN, Douglas. The Human Factors Analysis and Classification System—HFACS. Department of Transportation Federal Aviation Administration. Washington D.C. 2000. [En línea] https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_documents/humanfactors_classAnly.pdf

SENDERS, John; MORAY, Neville. Human Error: Cause, Prediction, and Reduction. CRC Press. 1991

SMITH, Anthony. Reliability: Centred Maintenance. Boston: McGraw-Hill. 1992.

STEP CHANGE IN SAFETY. Human factors online assessment tool. 2019. [En línea] <https://humanfactors.atlasknowledge.com>

Anexo A. Formulario encuesta factores de error humano en mantenimiento y operación

Encuesta para identificar los factores de error humano en las actividades de operación & mantenimiento en Colombia y poder identificar oportunidades de mejora que pueden ser aplicadas por las empresas, reduciendo la posibilidad de accidentes, falla de equipos y un mejor ambiente de trabajo para los profesionales de mantenimiento.

1 Preguntas Introdutorias

1 Por favor selecciones la respuesta apropiada a las siguientes preguntas:

1.0 Cuantos años de experiencia en mantenimiento y/o operaciones posee?

Años

1.1 Seleccione el sector de la industria en la que trabaja

Petróleo y Gas	Manufacturadora	Comisariado	Refinerías	Aviación	Otra
Electricidad	Operaciones	Mecánica	Instrumentación	Planeación	Supervisión

1.2 Seleccione la disciplina de trabajo pertenece.

1.3 En el turno de trabajo mas reciente, ¿cual fue su hora de inicio y finalización?

inicio: am/pm Final: am/pm

1.4 En los últimos 12 meses o en lo que lleva en su cargo actual, cuantas horas de trabajo han sido las mas largas

Horas

2 Preguntas Generales :

2 En las siguientes preguntas, seleccione la respuesta que mas se ajusta a usted en sus tareas de operación y mantenimiento.

Nunca algunas veces casi siempre siempre

2.1 En mi opinión, el personal de mantenimiento que retrasa una actividad debe dar explicación de sus acciones a la gerencia.

2.2 Las decisiones que tomo relacionadas con mantenimiento, están influenciadas por razones de costos.

2.3 Para terminar el trabajo a tiempo, es necesario "saltar" las reglas.

2.4 Cuando los líderes o gerentes se dan cuenta de un problema de seguridad en el trabajo, toman acciones de mejora.

2.5 En un día normal de trabajo, tengo que dejar una tarea incompleta para hacer un trabajo más urgente.

2.6 La gerencia _____ atajos para terminar los trabajos a tiempo

Se opone a que tome... no sabe cuándo tomo... no le importa si tomo... me anima a tomar...

3 Errores y Atajos:

		<i>En los últimos 12 meses en su trabajo , que tan frecuente usted ha?</i>					
		Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuente	Muy frecuente	No aplica para mí
3.1	Olvidado una herramienta o accesorio dentro del equipo que estaba trabajando (tanque, turbina, consola etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2	Se ha confundido (acción equivocada) por documentación confusa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3	Cometió un error en la actividad que realizada porque no le explicaron cómo hacerlo correctamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.4	No se dio cuenta de que alguien estaba cerca de un sistema que estaba a punto de activar (por ejemplo, al arrancar un motor o energizar un sistema)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.5	Tuvo dificultades con una tarea, porque no entendió cómo funcionaba un sistema del equipo en el que trabajaba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.6	Comenzó a hacer un trabajo de manera incorrecta porque no se dio cuenta de que el equipo o el sistema eran diferentes al que estaba acostumbrado a usar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.7	Instaló una pieza de manera incorrecta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.8	Realizo un trabajo sin la herramienta o equipo apropiado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.9	No hizo referencia al manual de mantenimiento, procedimiento u otra documentación aprobada porque era un trabajo que conocía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.10	Decidió no realizar una prueba de verificación funcional requerida, debido a la falta de tiempo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<i>En los últimos 12 meses en su trabajo , que tan frecuente usted ha?</i>					
		Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuente	Muy frecuente	No aplica para mí
3.11	No se hizo referencia al manual de mantenimiento, procedimiento u otra documentación aprobada para un trabajo desconocido o NO-familiar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.12	No documento un trabajo pequeño que realizo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.13	Hizo caso omiso de un defecto menor que al corregirlo retraso el arranque de un equipo o sistema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.14	No aseguro o aisló un sistema antes de trabajar en él o en sus alrededores.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.15	Hizo un trabajo de una mejor forma de la que describía el procedimiento o el manual	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.16	Firmo una tarea o paso del procedimiento antes de haberla completado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.17	Se le olvidó de volver a conectar una línea de combustible o aceite, un cable o una conexión eléctrica etc....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.18	Accidentalmente arrancó o energizo un equipo o maquinaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.19	Activo el control o comando equivocado de la cabina o equipo por error.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.20	Ajustó o instaló un sistema incorrectamente porque la documentación era engañosa o no era clara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<i>En los últimos 12 meses en su trabajo , que tan frecuente usted ha?</i>		Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuente	Muy frecuente	No aplica para mi
3.21	Seleccionó la parte incorrecta a instalar	<input type="checkbox"/>					
3.22	Encontró una parte (por ejemplo, en su bolsillo, caja de herramientas, taller) después de completar un trabajo	<input type="checkbox"/>					
3.23	Corto un cable, conector, o removió el perno o componente equivocado por error	<input type="checkbox"/>					
3.24	Intencionalmente sobretorqueo un perno o conector para que ajustara.	<input type="checkbox"/>					
3.25	Firmó un trabajo en nombre de otra persona sin verificarlo	<input type="checkbox"/>					
3.26	Desconectó una pieza o sistema para facilitar el trabajo, pero no documentó la desconexión	<input type="checkbox"/>					
3.27	Desconecto un interruptor o cerro/abrió una válvula sin documentarlo o etiquetarlo?	<input type="checkbox"/>					
3.28	Realizo un trabajo desconocido, a pesar de no estar seguro de si lo estaba haciendo correctamente	<input type="checkbox"/>					
3.29	No utilizo la lista de verificación (Check list o paso-a-paso) al arrancar un equipo o sistema.	<input type="checkbox"/>					
3.30	Arranco un motor, equipo o sistema en un momento en que no estaba permitido	<input type="checkbox"/>					
3.31	Corrigió un error cometido por otro técnico o ingeniero, sin documentar lo que había hecho, para evitar que la otra persona se metiera en problemas.	<input type="checkbox"/>					
3.32	Se ha confundido o engañado porque alguien le dio información incorrecta durante el trabajo que realizaba	<input type="checkbox"/>					
3.33	Comenzó a trabajar en el equipo equivocado (equipo backup) sin darse cuenta de lo que había pasado	<input type="checkbox"/>					
3.34	Se le cayó un objeto o componente en una área o lugar de difícil acceso	<input type="checkbox"/>					
3.35	Abrió el panel o compartimiento equivocado para obtener acceso para un trabajo	<input type="checkbox"/>					
3.36	Se le perdió un componente o pieza en medio de un trabajo	<input type="checkbox"/>					
3.37	Adiciono un fluido o activo un comando equivocado en un sistema	<input type="checkbox"/>					
3.38	Montó un componente o sistema incorrectamente porque la documentación no era clara o engañosa	<input type="checkbox"/>					
3.39	Ha sido interrumpido a mitad del trabajo y ha olvidado algo cuando reinicio su trabajo	<input type="checkbox"/>					
Ambiente de trabajo:						Muy	No
4	En los últimos 12 meses en su trabajo , que tan frecuente usted ha?	Nunca	Muy rara vez	Ocasionalmente	Frecuente	frecuente	aplica para mi
4.1	En mi lugar de trabajo encuentro aspectos nuevos e interesantes.	<input type="checkbox"/>					
4.2	A veces me siento desalentado o desanimado por mis actividades de trabajo	<input type="checkbox"/>					
4.3	¿Puede contar con sus colegas para que lo apoyen, si surgen dificultades en su trabajo?	<input type="checkbox"/>					
4.4	Pienso en soluciones para llevar a cabo mi trabajo más fácilmente.	<input type="checkbox"/>					
4.5	Solicito retroalimentación a otros sobre el desempeño de mi trabajo	<input type="checkbox"/>					
4.6	¿La gerencia superior y/o el departamento de Calidad o Seguridad, toman las medidas adecuadas y ponen en marcha sistemas para prevenir la repetición o prevención del accidentes?	<input type="checkbox"/>					

4.7	Si cometo un error, u olvido hacer algo en la actividad, me siento tranquilo de reportar a mi supervisor o compañeros sin temor a represarías	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
4.8	Que tan frecuente es encontrar errores en los procedimientos de trabajo que le asignan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
4.9	El procedimiento que le asignan para realizar la tarea es fácil de seguir y de entender	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
4.10	¿Se asigna suficiente tiempo entre turnos para las entregas de turno confiables?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	Su organización, cultura y factores de error:						
5	La organización, cultura de trabajo y los sistema conllevan a factores de error, los cuales si se identifican evitan errores humanos en las actividades de operación y mantenimiento.		Muy rara vez	Ocasion almente	Frecuen temente	Muy frecuent emente	No aplica para mi
5.1	El error humano en mi lugar de trabajo es visto como una falla del operador o del trabajador?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
5.2	¿Se siente cómodo deteniendo el trabajo que haces u otros hacen si lo ve inseguro?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
5.3	¿Se sentiría tranquilo, retando u objetando los comportamientos de su supervisor o gerente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
5.4	¿Se le ha proporcionado capacitación sobre los peligros de la fatiga y cómo reconocer la fatiga en usted y en los demás?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
5.5	¿Se siente tranquilo de reportar cansancio o sobrecarga?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
5.6	¿Se define y monitorea las horas extras y el cambio de turno para ayudar a prevenir la fatiga?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
5.7	¿Puede acceder fácilmente a la información de procedimientos de mantenimiento que necesita para su trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
5.8	¿Se le asignan los equipos, repuestos y herramientas correctas cada vez que realiza un Mantenimiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
5.9	¿Tiene suficiente información sobre los requerimientos de la actividad de mantenimiento que le es asignada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
5.10	¿El trabajo está categorizado y priorizado apropiadamente? es decir, el trabajo crítico para la seguridad recibe el tiempo adecuado para realizarlo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
6	Aprendizaje continuo y supervisión.						
	Por favor seleccione la respuesta apropiada a las siguientes preguntas:	Nunca	Muy rara vez	Ocasion almente	Frecuen temente	Muy frecuent emente	No aplica para mi
6.1	¿Existe un mecanismo de informe efectivo para reportar errores humanos (o la posibilidad de que ocurra) en sus actividades de mantenimiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
6.2	¿Ha recibido alguna formación sobre el error humano en mantenimiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
6.3	Si plantea un problema con su supervisor, ¿confía en que le hará seguimiento para solucionarlo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
6.4	¿Los supervisores participan activamente en actividades importantes de seguridad, como análisis de riesgos, proyectos, coaching, etc.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
6.5	¿Cree que su entrenamiento es suficiente para contribuir a la buena calidad de su trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

- | | | | | | | | |
|------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 6.6 | ¿Se siente cómodo rechazando las tareas para las que no se siente competente de realizarlas? | <input type="checkbox"/> |
| 6.7 | ¿Su empresa mantiene una base de datos de incidentes y lecciones aprendidas? | <input type="checkbox"/> |
| 6.8 | ¿Se implementan efectivamente las recomendaciones de investigaciones de accidentes o fallas de equipos? | <input type="checkbox"/> |
| 6.9 | ¿Su empresa investiga las causas raíces, fallas sistemáticas y en la organización? | <input type="checkbox"/> |
| 6.10 | ¿Es usted desafiado o le llaman la atención si NO se le ve siguiendo los procedimientos de mantenimiento? | <input type="checkbox"/> |

Procedimientos y controles de seguridad:

- | | | Nunca | Muy rara vez | Ocasionalmente | Frecuentemente | Muy frecuente | No aplica para mí |
|-----|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 7 | Por favor seleccione la respuesta apropiada a las siguientes preguntas: | | | | | | |
| 7.1 | ¿Los procedimientos son revisados y autorizados por los técnicos y supervisores apropiados? | <input type="checkbox"/> |
| 7.2 | ¿Tiene un proceso formal para informar cuando los procedimientos no son correctos o no se pueden seguir? | <input type="checkbox"/> |
| 7.3 | ¿Las evaluaciones de riesgo identifican claramente las barreras / controles relacionados con el riesgo de accidentes mayores? | <input type="checkbox"/> |
| 7.4 | Encontró una parte (por ejemplo, en su bolsillo, caja de herramientas, taller) después de completar un trabajo | <input type="checkbox"/> |
| 7.5 | ¿Verifica que todos los controles necesarios identificados por la evaluación de riesgos estén en su lugar antes de comenzar el trabajo? | <input type="checkbox"/> |
| 7.6 | ¿Se siente bajo presión (percibida o real) para asumir más trabajo? | <input type="checkbox"/> |
| 7.7 | ¿Se asigna tiempo suficiente dentro del día laboral para llevar a cabo la planificación del trabajo seguro (por ejemplo, evaluaciones de riesgo, HAZOPS, etc.)? | <input type="checkbox"/> |
| 7.8 | ¿Hay suficiente espacio despejado alrededor de los equipos para permitir un buen acceso para la operación, inspección y mantenimiento? | <input type="checkbox"/> |
| 7.9 | ¿Las señalizaciones en los equipos o la planta corresponden a la de los procedimientos y dibujos asociados? | <input type="checkbox"/> |

COMENTARIOS

Si tiene comentarios o recomendaciones puede ser descritos en esta casilla.

Gracias por su participación

Anexo B. Resumen de resultados de las encuestas

Pregunta	# Respuesta	Nunca	Muy rara vez	Ocasional mente	Frecuente mente	Muy frecuente mente	No aplica para mi	Rank	Score
2.1) En su opinión, el personal de mantenimiento que retrasa una actividad debe dar explicación de sus acciones a la gerencia.	145	7	0	48	30	60	0	A	1.47
2.2) Las decisiones que tomo relacionadas con mantenimiento, están influenciadas por razones de costos.	143	19	0	58	44	22	0	A	1.17
2.3) Para terminar el trabajo a tiempo, es necesario "saltar" las reglas	145	116	0	27	2	0	0	D	0.21
2.4) Cuando los lideres o gerentes se dan cuenta de un problema de seguridad en el trabajo, toman acciones de mejora	142	0	0	28	44	70	0	C	0.35
2.5) En un día normal de trabajo, tengo que dejar una tarea incompleta para hacer un trabajo más urgente.	145	19	0	112	12	2	0	A	0.92
2.6) La gerencia se opone a que tome atajos para terminar los trabajos a tiempo	144	5	0	12	15	112		E	0.20
3.1) Olvidado una herramienta o accesorio dentro del equipo que estaba trabajando (tanque, turbina, consola etc.)	144	90	27	7	1	0	19	E	0.18
3.2) Se ha confundido (tomado acción equivocada) por documentación confusa	143	54	68	18	0	0	3	C	0.37
3.3) Cometió un error en la actividad que realizada porque no le explicaron cómo hacerla correctamente	143	70	47	13	5	1	7	D	0.34
3.4) No se dio cuenta de que alguien estaba cerca de un sistema que estaba a punto de activar (por ejemplo, al arrancar un motor o energizar un sistema)	144	103	16	6	2	1	16	E	0.15
3.5) Tuvo dificultades con una tarea, porque no entendió cómo funcionaba un sistema del equipo en el que trabajaba	145	69	48	18	1	0	9	D	0.32
3.6) Comenzó a hacer un trabajo de manera incorrecta porque no se dio cuenta de que el equipo o el sistema eran diferentes al que estaba acostumbrado a usar	144	87	35	12	1	0	9	D	0.23
3.7) Instaló una pieza de manera incorrecta	145	77	37	10	0	0	21	D	0.23
3.8) Realizo un trabajo sin la herramienta o equipo apropiado.	143	55	46	32	4	1	5	B	0.46
3.9) No hizo referencia al manual de mantenimiento, procedimiento u otra documentación aprobada porque era un trabajo que conocía	145	72	29	22	10	4	8	C	0.43
3.10) Decidió NO realizar una prueba de verificación funcional requerida, debido a la falta de tiempo	143	88	28	11	3	1	12	D	0.24

Pregunta	# Respuesta	Nunca	Muy rara vez	Ocasional mente	Frecuente mente	Muy frecuente mente	No aplica para mi	Rank	Score
3.11) Decidió NO se seguir el manual de mantenimiento, procedimiento u otra documentación aprobada para un trabajo DESCONOCIDO o NO familiar	145	102	26	5	1	0	11	E	0.15
3.12) NO documento un trabajo pequeño que realizo	143	57	43	20	9	7	7	B	0.51
3.13) Hizo caso omiso de un defecto menor que al corregirlo retraso el arranque de un equipo o sistema	143	87	32	10	3	1	10	D	0.24
3.14) NO aseguro o aisló un sistema antes de trabajar en él o en sus alrededores.	144	109	21	1	1	0	12	E	0.10
3.15) Hizo el trabajo de una mejor manera de la que describía el procedimiento o el manual	144	28	32	44	23	9	8	A	0.83
3.16) Firmo una tarea o paso del procedimiento antes de haberla completado.	144	87	30	10	5	1	11	D	0.26
3.17) Se le olvidó volver a conectar una línea de combustible o aceite, un cable o una conexión eléctrica etc....	144	92	32	2	0	0	18	E	0.14
3.18) Accidentalmente arrancó o energizo un equipo o maquinaria	144	120	11	0	0	0	13	E	0.04
3.19) Activo el control o comando equivocado de la cabina o equipo por error.	143	108	13	1	0	0	21	E	0.06
3.20) Ajustó o instaló un sistema incorrectamente porque la documentación era engañosa o no era clara	142	81	36	3	1	0	21	E	0.19
3.21) Seleccionó el repuesto o la parte incorrecta a instalar	141	83	35	6	1	0	16	D	0.20
3.22) Encontró una parte (por ejemplo, en su bolsillo, caja de herramientas, taller) después de completar un trabajo	141	93	25	4	0	1	18	E	0.15
3.23) Corto un cable, conector, o removió el perno o componente equivocado por error	143	89	25	7	0	0	22	E	0.16
3.24) Intencionalmente sobretorqueo un perno o conector para que ajustara.	142	72	35	9	2	2	22	D	0.28
3.25) Firmó un trabajo en nombre de otra persona sin verificarlo	143	116	16	0	2	0	9	E	0.08
3.26) Desconectó una pieza o sistema para facilitar el trabajo, pero no documentó la desconexión	140	85	29	4	3	1	18	D	0.20
3.27) Desconecto un interruptor o cerro/abrió una válvula sin documentarlo o etiquetarlo?	143	99	21	6	1	0	16	E	0.14
3.28) Realizo un trabajo desconocido, a pesar de no estar seguro si lo estaba haciendo correctamente	141	88	39	5	1	0	8	E	0.20
3.29) No utilizo la lista de verificación (Check-list o paso a paso) al arrancar un equipo o sistema.	144	74	36	7	5	6	16	C	0.35
3.30) Arrancado un motor, equipo o sistema en un momento en que no estaba permitido	144	120	8	1	0	0	15	E	0.04

Pregunta	# Respuesta	Nunca	Muy rara vez	Ocasional mente	Frecuente mente	Muy frecuente mente	No aplica para mi	Rank	Score
3.31) Corrigió un error cometido por otro técnico o ingeniero, sin documentar lo que había hecho, para evitar que la otra persona se metiera en problemas.	143	61	49	17	3	2	11	C	0.38
3.32) Se ha confundido o engañado porque alguien le dio información incorrecta durante el trabajo que realizaba	143	62	60	12	4	0	5	C	0.35
3.33) Comenzó a trabajar en el equipo equivocado (equipo backup) sin darse cuenta de lo que había pasado	143	107	20	2	0	0	14	E	0.09
3.34) Se le cayó un objeto o componente en una área o lugar de difícil acceso	142	41	65	22	4	1	9	B	0.47
3.35) Abrió el panel o compartimiento equivocado para obtener acceso para un trabajo	142	92	31	2	0	0	17	E	0.14
3.36) Se le perdió un componente o pieza en medio de un trabajo	143	71	45	15	0	0	12	D	0.29
3.37) Adiciono un fluido o ejecuto un comando equivocado en un sistema	144	107	17	2	0	0	18	E	0.08
3.38) Montó un componente o sistema incorrectamente porque la documentación era confusa o no era clara.	143	97	19	5	0	0	22	E	0.12
3.39) Ha sido interrumpido a la mitad del trabajo y ha olvidado algo cuando reinicio su trabajo	144	56	62	15	3	0	8	C	0.37
4.1) En mi lugar de trabajo encuentro aspectos nuevos e interesantes.	144	4	24	46	40	30	0	B	0.76
4.2) A veces me siento desalentado o desanimado por mis actividades de trabajo	144	54	60	25	1	1	3	C	0.41
4.3) ¿Puede contar con sus colegas para que lo apoyen, si surgen dificultades en su trabajo?	144	0	3	26	49	65	1	C	0.38
4.4) Pienso en soluciones para llevar a cabo mi trabajo más fácilmente.	143	0	2	9	60	71	1	D	0.30
4.5) Solicito retroalimentación a otros sobre el desempeño de mi trabajo	143	7	26	42	45	23	0	A	0.82
4.6) ¿La gerencia superior y/o Seguridad, toman las medidas adecuadas para prevenir la repetición o prevención del accidentes?	144	4	7	16	59	58	0	C	0.44
4.7) Si cometo un error, u olvido hacer algo en la actividad, me siento tranquilo de reportar a mi supervisor o compañeros sin temor a represarías	141	6	19	23	45	45	3	B	0.62
4.8) ¿Que tan frecuente es encontrar errores en los procedimientos de trabajo que le asignan?	144	5	63	53	13	6	4	A	0.83
4.9) ¿El procedimiento que le asignan para realizar la tarea es fácil de seguir y de entender?	143	1	4	18	66	45	9	C	0.44
4.10) ¿Se asigna suficiente tiempo entre relevo para hacer entregas de turno confiables?	144	1	12	22	46	30	33	B	0.59

Pregunta	# Respuesta	Nunca	Muy rara vez	Ocasional mente	Frecuente mente	Muy frecuente mente	No aplica para mi	Rank	Score
5.1) El error humano en mi lugar de trabajo es visto como una falla del operador o del trabajador?	143	24	3	54	43	18	1	A	1.10
5.2) ¿Se siente cómodo deteniendo el trabajo que usted hace u otros hacen si lo ve inseguro?	145	11	2	18	52	61	1	B	0.48
5.3) ¿Se sentiría tranquilo, retando u objetando los comportamientos de su supervisor o gerente?	143	45	5	46	35	10	2	A	1.14
5.4) ¿Se le ha proporcionado capacitación sobre los peligros de la fatiga y cómo reconocer la fatiga en usted y en los demás?	144	15	3	56	41	29	0	B	0.77
5.5) ¿Se siente tranquilo de reportar cansancio o sobrecarga?	145	13	3	56	49	24	0	B	0.77
5.6) ¿Esta definido y se hace seguimiento a las horas extras y el cambio de turno para ayudar a prevenir la fatiga?	144	7	1	45	57	31	3	B	0.63
5.7) ¿Puede acceder fácilmente a la información de los procedimientos de mantenimiento que necesita para su trabajo?	144	0	2	17	59	65	1	C	0.35
5.8) ¿Se le asignan los equipos, repuestos y herramientas correctas cada vez que realiza un Mantenimiento?	145	2	0	24	74	43	2	B	0.45
5.9) ¿Tiene suficiente información sobre los requerimientos de la actividad de mantenimiento que le es asignada?	145	0	4	12	74	54	1	C	0.38
5.10) ¿El trabajo está categorizado y priorizado apropiadamente? es decir, el trabajo crítico para la seguridad recibe el tiempo adecuado para realizarlo	145	2	1	19	65	57	1	C	0.40
6.1) ¿Existe un mecanismo de informe efectivo para reportar errores humanos (o la posibilidad de que ocurra) en sus actividades de mantenimiento?	145	18	1	30	55	40	1	B	0.66
6.2) ¿Ha recibido alguna formación sobre el error humano en mantenimiento?	142	21	4	53	43	21	0	A	0.86
6.3) Si plantea un problema con su supervisor, ¿confía en que le hará seguimiento para solucionarlo?	143	2	1	38	70	32	0	B	0.55
6.4) ¿Los supervisores participan activamente en actividades importantes de seguridad, como análisis de riesgos, coaching, etc.?	144	4	2	26	63	49	0	B	0.48
6.5) ¿Cree que su entrenamiento es suficiente para contribuir a la buena calidad de su trabajo?	143	4	0	21	66	52	0	C	0.43

Pregunta	# Respuesta	Nunca	Muy rara vez	Ocasional mente	Frecuente mente	Muy frecuente mente	No aplica para mi	Rank	Score
6.6) ¿Se siente cómodo rechazando las tareas para las que no se siente competente de realizarlas?	145	32	9	41	40	22	1	A	0.96
6.7) ¿Su empresa mantiene una base de datos de incidentes y lecciones aprendidas?	143	0	0	10	45	88	0	D	0.23
6.8) ¿Se implementan efectivamente las recomendaciones de investigaciones de accidentes o fallas de equipos?	140	0	2	24	50	64	0	C	0.37
6.9) ¿Su empresa investiga las causas raíces, fallas sistemáticas y de la organización?	145	0	1	14	52	78	0	D	0.29
6.10) ¿Es usted desafiado, o le llaman la atención si se le ve NO siguiendo los procedimientos de mantenimiento?	143	43	6	21	40	32	1	A	0.96
7.1) ¿Los procedimientos son revisados y autorizados por los técnicos y supervisores apropiados?	145	2	0	12	61	69	1	D	0.32
7.2) ¿Tiene un proceso formal para informar cuando los procedimientos no son correctos o no se pueden seguir?	145	13	1	3	57	67	4	C	0.42
7.3) ¿Las evaluaciones de riesgo identifican claramente las barreras / controles relacionados con el riesgo de accidentes mayores?	143	3	2	9	60	67	2	D	0.34
7.4) Encontró una parte (por ejemplo, en su bolsillo, caja de herramientas, taller) después de completar un trabajo	143	113	5	18	4	0	3	E	0.19
7.5) ¿Verifica que todos los controles necesarios identificados por la evaluación de riesgos estén en su lugar antes de comenzar el trabajo?	145	1	1	8	58	76	1	D	0.28
7.6) ¿Se siente bajo presión (percibida o real) para asumir más trabajo?	145	45	8	65	24	3	0	B	0.77
7.7) ¿Se asigna tiempo suficiente para llevar a cabo la planificación del trabajo seguro (por ejemplo, evaluaciones de riesgo, HAZOPS, etc.)?	144	5	3	36	64	35	1	B	0.58
7.8) ¿Hay suficiente espacio despejado alrededor de los equipos para permitir un buen acceso para la operación, inspección y mantenimiento?	142	2	1	32	66	40	1	B	0.50
7.9) ¿Las señalizaciones en los equipos o de la planta corresponden a la de los procedimientos y dibujos asociados?	144	2	2	20	71	49	0	C	0.43

Fuente: Elaboración propia