

**A SUMMARY OF METHODOLOGIES WHICH TO BE APPLIED IN INDUSTRIAL
RELIABILITY-ENGINEERING****RESUMEN DE METODOLOGIAS A SER APLICADAS EN INGENIERÍA DE
CONFIABILIDAD INDUSTRIAL****Ing. Adriana Arango G., PhD. Rocco Tarantino A., MSc. Sandra Aranguren Z.**

Universidad de Pamplona, Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Instituto de Investigación y Desarrollo de Tecnologías Aplicadas (IIDTA)
Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
Tel.: 57-7-5685303 Ext. 164, Fax: 57-7-5685303.
E-mail: arangupad@hotmail.com, {roccot, saranguren}@unipamplona.edu.co

Abstract: The development and implementation of reliability engineering is indispensable to mitigate and control events that place in danger the availability and integrity of a service or product; benefits include operation error reduction, the implementation of a system or controlled and documented work model and an improvement in the quality of the functions carried out by each employee. This means that the service or product will be of the required quality which will be relatively high compared to other producers. It will also be well received by the market and as a result the financial gains will be increased to a maximum.

Resumen: El desarrollo y la implementación de una Ingeniería de Confiabilidad es imprescindible para mitigar y controlar eventos que coloquen en peligro la disponibilidad e integridad de un servicio o producto, obteniendo como beneficios la reducción de errores de operación, la implementación de un sistema o modelo de trabajo controlado y documentado, y un mejoramiento en la calidad del cumplimiento de las funciones de cada empleado, permitiendo que el servicio o producto tenga la calidad necesaria, comparativamente buena ante los demás productores, tengan acogida en el mercado y por ende sus ganancias se eleven al máximo.

Keywords: Reliability, Maintenance based on Reliability, Criticality, Training, Risk Analysis, Failures, Diagnostic, Technologies, Methods, Safety.

1. INTRODUCTION

El propósito principal de una Ingeniería de Confiabilidad es incrementar la confiabilidad intrínseca y operacional de empresas que prestan servicios o que generan productos. Para esto es necesario determinar la Confiabilidad de los equipos que emplean, la Confiabilidad de los procesos, la

Confiabilidad humana y la Confiabilidad en el mantenimiento de los equipos. Esta última por el desarrollo de estrategias efectivas de mantenimiento las cuales prolonguen el tiempo promedio para fallar (TPPF) y disminuya el tiempo promedio para reparar (TPPR) de los equipos, desarrollando además planificaciones y ejecuciones de metodologías que permitan capacitar en los empleados de dichas empresas las competencias requeridas para realizar

de manera segura y eficiente sus tareas, ya que vale la pena aclarar que sólo el uso de tecnologías en una empresa no garantiza en un ciento por ciento la confiabilidad y productividad de la misma.

2. INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD

La Ingeniería de Confiabilidad desarrollada en esta investigación está basada en la integración de las siguientes metodologías:

Análisis de Riesgo en los Procesos.

- Inspección de Accidentes Basada en Riesgos.
- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
- Adiestramiento de Personal.
- Evaluación de la Confiabilidad de las Tecnologías a emplear.

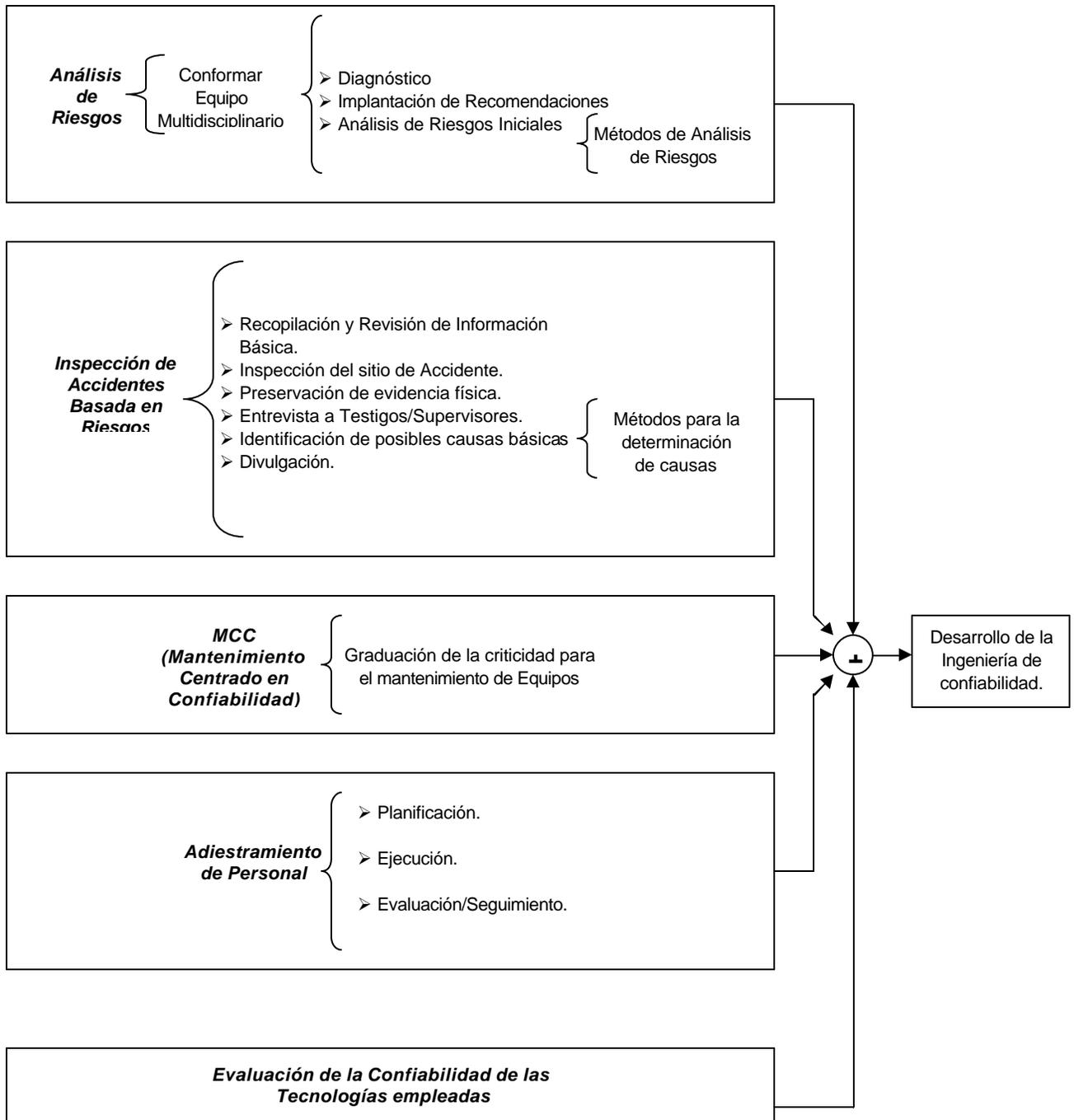


Fig. 1. Desarrollo de la Ingeniería de Confiabilidad para el incremento de la confiabilidad operacional.

2.1. Análisis de Riesgos

El propósito del elemento Análisis de Riesgos es identificar, evaluar, cuantificar controlar los riesgos presentes en un proceso, a fin de prevenir la ocurrencia de eventos que acarreen pérdidas de vidas, daños materiales y/o daños al ambiente. Su alcance está dirigido a nuevos proyectos, instalaciones existentes y a modificaciones / cambios que se requieran introducir como mejoras en los procesos. Para realizar un análisis de Riesgos en las instalaciones o procesos es necesario crear un equipo multidisciplinario que debe estar integrado por un líder, un ingeniero de proceso, un mantenedor (preferiblemente experimentado en el área de instrumentación), un programador, un especialista y personal de protección integral, este requerimiento también es exigido por la organización de salud y seguridad de los Estados Unidos (OSHA). Este equipo estará encargado de la selección y aplicación de las metodologías de los análisis de riesgos:

2.1.1. Diagnóstico

Para hacer un análisis de Riesgos, es necesario realizar un diagnóstico previo en el cual se debe determinar a través de un inventario todas aquellas instalaciones que representan riesgos. Luego esta lista del inventario se debe someter a una jerarquización a fin de determinar el grado de peligrosidad y generar una nueva lista en orden jerárquico de acuerdo con la prioridad de la empresa. Finalmente, toda esta información se utiliza para formular el plan de ejecución. la experiencia ha demostrado, que esta fase puede realizarse entre 1 y 2 años, dependiendo de la complejidad de la empresa.

2.1.2. Análisis de Riesgos Iniciales

En esta etapa de implantación, se lleva a cabo la ejecución de los Análisis de Riesgos iniciales de las instalaciones existentes, con la finalidad de determinar los riesgos asociados al proceso, e indicar las acciones correctivas, manteniendo esas instalaciones dentro de los estándares de seguridad exigidos por organismo de seguridad a nivel internacional.

Métodos de Análisis de Riesgos de los Procesos

En el proceso de ejecutar un Análisis de Riesgos de los Procesos, el primer paso es seleccionar la metodología por utilizar. Existen varios métodos para el análisis de Riesgos los más conocidos son:

- El Análisis Preliminar de Peligros se emplea para identificar los peligros durante la etapa de la ingeniería conceptual de un proyecto. Consiste en listar los peligros asociados a los productos químicos, reacciones involucradas, interfaces entre equipos de planta y materiales y eventos externos.
- En la Lista de Verificación, se utilizan preguntas específicas para determinar los diferentes tipos de riesgos conocidos o deficiencias en el diseño que pudieran dar como resultado un accidente potencial.
- El método ¿Qué pasaría sí? o What if?, sirve para reconocer los peligros mediante la búsqueda de respuestas a las preguntas formuladas producto de la imaginación del equipo. Esta técnica tiene las siguientes características: Imita un Hazop con preguntas acerca de los parámetros del proceso y también puede simular un Análisis de Modo de Falla y Efecto haciendo preguntas acerca de los diferentes modos de falla de los equipos; puede aplicarse a cualquiera fase de un proyecto y a procesos diferentes de los de la industria de químicos e hidrocarburos y es difícil de auditar por su libre estructura.
- El Análisis de Peligro y Operabilidad en idioma inglés "Hazard Operability Study" (HAZOPS) es una técnica que identifica peligros y problemas de operabilidad, mediante la investigación de las causas y consecuencias de las desviaciones del proceso y de la intención del diseño. La filosofía "HAZOPS" es que mientras se mantengan los parámetros de proceso dentro de los valores de diseño, no existen riesgos. Esta técnica tiene las siguientes características: es sistemática y completa, estimula la creatividad y requiere que la ingeniería básica esté completamente definida.
- El Análisis de Modos de Falla de Equipos (FEMA) es una técnica que permite identificar los peligros mediante el análisis de los diferentes modos de falla de los componentes de un sistema. Así mismo, puede ser aplicada a procesos que no involucren reacciones químicas.
- El Árbol de Fallas es un método que consiste en determinar las relaciones lógicas de combinación de las fallas de los componentes de un sistema y de los errores humanos, que resulten en un evento no deseado. Esta técnica se utiliza cuando se necesita evaluar eventos resultantes de múltiples fallas de equipos y/o errores humanos.

Es necesario también realizar los cálculos de los niveles de riesgos los cuales se realizan teniendo en cuenta la norma IEC 61508 que establece, para todo tipo de equipamiento eléctrico o electrónico relacionado con Sistemas de Seguridad, 4 rangos críticos para lo que se ha definido como Nivel de Protección de la Integridad (en inglés, *Safety Integrity Level* o SIL), cada uno de los cuales representa, en relación con el riesgo específico del proceso a ser protegido, la probabilidad de falla (en demanda) del Sistema de Seguridad encargado de protegerlo. La Tabla, es un indicativo para considerar en la elección de un Sistema de Seguridad apropiado, el tipo de proceso, instalación o equipos y la operación del proceso a ser protegido, teniendo en cuenta por sobre todas las cosas, la vida de las personas involucradas.

Tabla 1. Indicador SIL "Safety Integrity Level"

Si se desea evitar	SIL
Impacto catastrófico de la comunidad, muertes, grave impacto ambiental	4
Serios perjuicios al personal, muertes, grandes destrozos	3
Daños mayores a la propiedad, a la producción y lesiones graves al personal, probables muertes	2
Daños menores a la propiedad y a la producción con muy bajo riesgo para las personas	1

2.1.3. Implantación de Recomendaciones

Cada vez que se realizan Análisis de Riesgos iniciales, se generan una serie de observaciones que vienen acompañadas de acciones por tomar, orientadas a incrementar la seguridad del proceso y/o a mejorar las operaciones. Estas últimas deben ser sometidas a un proceso de validación por la línea gerencial, a fin de acordar los compromisos de ejecución en el sentido de definir quién es el responsable de su realización y en qué fecha se estiman terminarla. Una vez cubierta esta validación, se procede a cargar esta información en un sistema de seguimiento de las recomendaciones, con el propósito de ejercer, en forma rápida y efectiva, el control y seguimiento de esas recomendaciones.

2.2. Inspección de Accidentes Basada en Riesgos

Cuando se realiza una investigación de un accidente se debe determinar el nivel de profundidad de la investigación la cual será equivalente al potencial de riesgo asociado, considerando la probabilidad de ocurrencia y la severidad de las consecuencias potenciales, para llevar a cabo una investigación organizada y profunda es necesario formar una matriz de potencial de accidentalidad claro esta basándose en data específica de hechos ocurridos y hechos por ocurrir, con causas relacionadas a pérdidas humanas, económicas, equipos y daños ambientales y que deben estar plasmados en una base de datos referenciada, para de este modo las acciones que se van a llevar a cabo para mitigar este tipo de hechos sean acciones planificadas y estudiadas.

El proceso de investigación que se describe a continuación está orientado a la obtención, ordenamiento y registro de toda la información relacionada con el evento y consta de las siguientes etapas:

2.2.1. Recopilación y Revisión de Información Básica

La información básica, que debe ser obtenida y revisada antes de visitar el sitio del accidente, incluye los siguientes documentos:

- Procedimientos para la ejecución de la actividad involucrada en el accidente.
- Registros de instrucciones, acuerdos o charlas dadas al personal para la ejecución de la actividad.
- Planos de ubicación del personal.
- Estructura de mando y personal involucrado.
- Involucro de la línea supervisora sobre la ejecución de la tarea.

2.2.2. Inspección del Sitio del Accidente

Se debe procurar la entrevista de testigos en el sitio del accidente, así como la reconstrucción de las condiciones de trabajo (iluminación temperatura, humedad, ruido, etc.) y del procedimiento seguido para ejecutar la tarea que originó el accidente. La recopilación de información de campo debe incluir referencias escritas, fotografías y/o videos.

2.2.3. Preservación de Evidencia Física

Los equipos o materiales involucrados en el evento deben ser recolectados y registrados para someterlos a los estudios que pudieran determinar el origen de la falla. Los reportes se deben archivar por un periodo de 5 años. La información común a recolectar se debe encontrar en:

- ✓ La ubicación física del problema.
- ✓ La ubicación física de las partes, (entre los que se encuentran el personal de vigilancia).
- ✓ La hora del problema (Análisis de Correlación).
- ✓ Los operadores y vigilantes de turno durante el problema.
- ✓ Los técnicos y mecanismos utilizados para reparar el equipo la última vez según historial.
- ✓ Modo de empleo de los equipos.
- ✓ Condiciones del ambiente y de la atmósfera.
- ✓ El tamaño del accidente.
- ✓ Dibujar un mapa (medir distancias).
- ✓ Asegurar el área.
- ✓ Adquirir datos de una forma segura.
- ✓ Sacar fotos (filmar si es posible).

2.2.4. Entrevistas a Testigos / Supervisores

El equipo investigador deberá elaborar una lista de preguntas genéricas o individualizadas para los testigos, basada en preguntas abiertas (que requieran respuestas diferentes de un Sí o de un No), no intimidantes o influyentes sobre la opinión del testigo. Personas a entrevistar:

- Observadores
- Trabajadores calificados en Mantenimiento
- Operadores
- Ingenieros/Técnicos
- Proveedores
- Departamentos con operaciones similares
- Personal de Seguridad
- Personal de Calidad
- Gerencia/Supervisión
- Expertos externos

Teniendo en cuenta la investigación sobre gestos personales los siguientes aspectos:

- ~55-60% de toda la comunicación entre las personas es a través de gestos corporales.
- ~30% es a través del tono de nuestras voces.
- ~15% es a través de las palabras utilizadas.

2.2.5. Identificar Factores Iniciadores y Posibles Causas Inmediatas

Al término de la recopilación de la información, el comité deberá centrar su esfuerzo en determinar los eventos iniciadores y las posibles causas inmediatas identificando las causas raíces. Cada causa raíz debe ser corregida mediante una recomendación que cumpla los siguientes atributos:

- a. Establezca claramente la acción por tomar.
- b. Esta acción debe ser práctica, factible y alcanzable.
- c. Incorpore mejoras a las líneas de defensas:
 - ✓ Preventivas (diseño, procedimiento, comunicación, etc.).
 - ✓ De control (inspección, supervisión, detección, extinción, etc.).
 - ✓ De mitigación (equipos de protección personal, planes de emergencia, etc.).
- d. Elimine o reduzca la exposición del personal al riesgo, la frecuencia de fallas o las consecuencias del evento.
- e. Incluya al responsable y la fecha estimada de determinación de la recomendación.

La lista de jerarquización de problemas recurrentes debe apuntar al impacto económico (\$/año) donde el impacto económico estará representado por la exposición al riesgo

Las causas raíces latentes más comunes a tener en cuenta son:

- a. Falta Adiestramiento
- b. Diseño inadecuado
- c. Falta de Orden y Limpieza
- d. Organización
- e. Falta de planes óptimos de inspección/mantenimiento
- f. Falta/inadecuada información técnica de equipos
- g. Conflicto de metas
- h. Comunicación
- i. Otras promotoras del error humano

Métodos para la determinación de causas raíces

Método TRÍPODE fue desarrollado por Shell E & P como un mecanismo para identificar las fallas latentes o causas raíces durante la investigación de accidentes, con especial énfasis en el comportamiento humano.

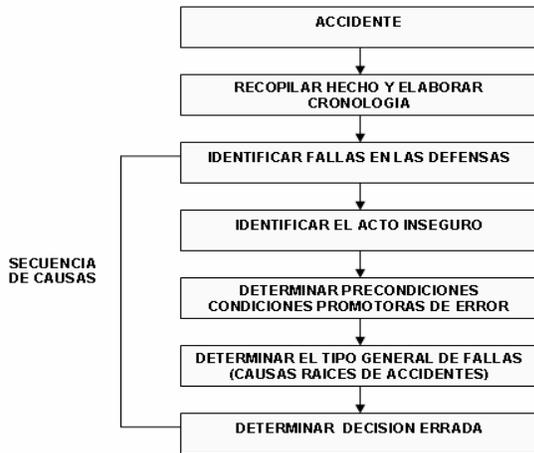


Fig. 2: Método Trípode

- Falla en los Sistemas de Defensa: ¿Cuál fue la medida o sistema que falló en última instancia para conducir al accidente (sistema de comunicación, plan de emergencia, protecciones, alarmas, etc.)?
- Actos Inseguros: ¿Cuál acción u omisión por parte del operador/ejecutor condujo directamente al accidente?
- Precondición: ¿Cuál fue la condición psicológica o situacional del operador/ejecutor que desencadenó los actos inseguros?
- Causas Raíces/Fallas Latentes: ¿Cuáles fueron los problemas subyacentes que condujeron a las precondiciones?
- Decisiones Erradas: ¿Cuáles decisiones crearon las causas raíces?

Se consideran actos inseguros:



Fig. 3: Acto Inseguro.

Situaciones que conllevan a un acto inseguro son:

- Condición de Trabajo: Ruido, Iluminación, Estrés de Calor, etc.
- Mala interfase Operador/Equipo
- Baja motivación
- Falta de Familiaridad
- Inadecuada Verificación
- Instrucciones Ambiguas
- Carencia de Experiencia
- Limitaciones de Tiempo

Método WHY-TREE se fundamenta en el desarrollo de la cronología de los hechos y en el entendimiento de la secuencia de fallas en los sistemas de protección o defensas, construyendo para esto un árbol de eventos que reflejan todas las hipótesis con potencial de ocasionar el accidente, las cuales son posteriormente rechazadas o validadas con la data recabada durante la etapa de investigación. La secuencia de pasos para el desarrollo del análisis es la siguiente:

- Recopilar los Hechos.
- Desarrollar la Cronología de los Hechos.
- Identificar los Sistemas de Protección/Defensas.
- Determinar las Causas Raíces.
- Desarrollar las Recomendaciones.
- Documentar la Investigación.
- Compartir las Lecciones Aprendidas con otras Organizaciones.

Método TIMELINE establece la cadena de causas que condujeron a un evento, incidente o resultado no planificado de un proceso de trabajo. De acuerdo con esta metodología, la investigación de un accidente o incidente se inicia con un diagnóstico de los hechos para determinar sus relaciones causa-efecto.

Seguidamente, con la ayuda del diagrama causa-efecto se establecen hipótesis sobre las causas, las cuales se comprueban en función de la data recopilada. La identificación de las causas raíces requiere, al inicio, la determinación de las acciones críticas, específicamente aquellas que influenciaron de modo significativo en el desarrollo de los acontecimientos. Estas acciones críticas se agrupan en las categorías de causas raíces, específicamente:



Fig. 4: Categorías de Causas Raíz para el método
TIMELINE

2.2.6. Divulgación

La eficiencia del sistema gerencial se cuantifica en términos de la capacidad de reducir internamente los incidentes asociados a las desviaciones en los procesos en este caso de las operaciones del servicio, así como las pérdidas económicas que tales eventos involucran. Ambos objetivos se logran al satisfacer los siguientes principios:

- Registrar todo evento asociado a desviaciones en las operaciones del servicio.
- Determinar y corregir las causas raíces de dichas desviaciones.
- Divulgar los hallazgos de la investigación entre el personal con responsabilidad directa en la operación del proceso.

2.3. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)

El mantenimiento Centrado en Confiabilidad reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúen consiguiendo su capacidad incorporada; es una metodología que exige una revisión sistemática de las funciones que conforman un proceso determinado, sus entradas y salidas, las formas en que pueden dejar de cumplirse dichas funciones y sus causas, las consecuencias de las fallas en estas funciones y las tareas de mantenimiento óptimas para cada situación (predictivo, preventivo, etc.) en función del impacto global, permitiendo identificar las políticas de mantenimiento óptimas para garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción.

2.3.1. Graduación de la criticidad para mantenimiento de equipos y sistemas

El CBM (*Mantenimiento Basado en Criticidad*) utiliza un proceso de graduación de la criticidad que sea muy similar a la metodología usada en un estudio de proceso del análisis de peligro. Se evalúan todos los elementos del proceso del equipo dándosele a cada uno un valor relativo en una jerarquía total de la criticidad. Con todo el equipo evaluado para la criticidad, comienza las actividades de mantenimiento por orden de prioridad

Tabla 2: Grado de Criticidad de equipos y sistemas.

Clasificación	Característica
PC4	Equipo crítico: la falta del equipo causará la pérdida completa de cabalidad del cumplimiento del servicio o causará calidad del servicio inaceptable dando por resultado pérdida total del cumplimiento de este.
PC3	El equipo es necesario: la falta del equipo dará lugar a pérdida de una corriente o requiere el equipo tener una renuncia con entrega.
PC2	Equipo provechoso: la pérdida de equipo fuerza la recirculación o el almacenaje inmediato, o causa la pérdida a largo plazo de eficacia y/o de confiabilidad.
PC1	El equipo afecta como mínimo: pérdida de optimización del servicio o de control avanzado sobre este.
PC0	El equipo no afecta cabalidad del cumplimiento del servicio.
Factor de Repuesto de Equipo(PSE)	
PSE=1	Si existe una opción de repuesto o de proceso en línea que atenúa la consecuencia de la detención del proceso, de lo contrario PSE=0.

2.4. Adiestramiento de Personal

El proceso de adiestramiento está conformado por tres fases: *planificación, ejecución y evaluación-seguimiento.*

2.4.1. Planificación

En base en la experiencia de toda la industria, se debe comenzar la *planificación* del adiestramiento:

- Identificar la necesidad de adiestramiento.
- La identificación y la caracterización de la población.
- Investigar los perfiles de competencias por funciones.
- Diseñar instrumentos para el diagnóstico de las necesidades individuales, es decir, organizar material como bien puede ser por medio de encuestas que permitan determinar falencias particulares en los empleados e identificarlos y ubicarlos en diferentes niveles de conocimiento por grupos, de este modo llevar a cabo una recopilación de información detallada y organizada, para tomar acciones de adiestramiento de acuerdo al nivel de conocimiento de cada grupo atacando las falencias de raíz.
- Para realizar cursos de adiestramiento por grupos de personas es necesario: indagar sobre el personal que este capacitado para realizar dichos procedimientos debe ser un personal con una amplia experiencia en el tema, con habilidades para facilitar los procesos de aprendizaje y realizar un análisis de costos/beneficio que trae consigo este tipo de inversión.

2.4.2. Ejecución

- Al realizar la programación de las actividades de adiestramiento a corto y mediano plazo se debe tener prioridad a la atención de los elementos: procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.
- La ejecución de los programas de adiestramiento se debe soportar en diversas estrategias de enseñanza, tales como: cursos, talleres, adiestramiento en el trabajo, charlas. El desarrollo de algunas de estas acciones demanda un alto grado de especialización.

2.4.3. Evaluación y seguimiento

- La evaluación se debe realizar en dos niveles: el primero responde a la verificación del grado de satisfacción de los participantes acerca de la calidad del programa, en cuanto al cumplimiento de los objetivos, contenidos, materiales e instructores, lo cual permite la incorporación temprana de mejoras o acciones correctivas. El segundo, corresponde al cumplimiento de la premisa definida por el equipo de adiestramiento sobre la

incorporación de instrumentos de medición y evaluación (PRE y POSTEST), que reflejen el nivel de conocimiento adquirido con relación a los objetivos de aprendizaje propuestos. Para cumplir este punto, se utilizan herramientas de evaluación por objetivos con respuestas extensivas o restringidas, teóricas o prácticas.

- Analizar los resultados de la evaluación PRETEST/POSTEST, determinando el reflejo del adiestramiento en la eficiencia de los empleados, almacenando en una base de datos planificada los indicadores estadísticos de seguimiento de adiestramiento.

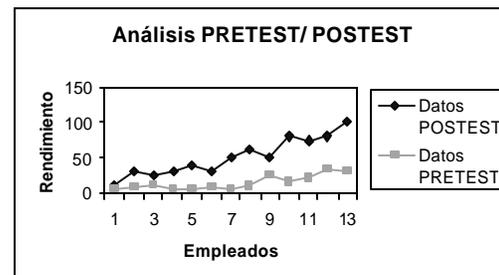


Fig. 5: Ejemplo de análisis estadístico del adiestramiento de personal

2.5. Evaluación de la confiabilidad de las tecnologías empleadas

Al emplear o cambiar tecnologías para realizar operaciones industriales se deben tener en cuenta principalmente tres factores:



Fig. 6: Factores determinantes del cambio de Tecnología.

Seguido de una evaluación del análisis de la Confiabilidad de dichas tecnologías. Para realizar esta evaluación se hace necesario tener data precisa de los aspectos requeridos para este tipo de investigación, en el peor de los casos que no se tenga data específica se recurre a tablas de estándares internacionales como lo es FARADIP, logrando tener un análisis estimado. FARADIP es un software el cual especifica los *TTPR* de cada subsistema de sistemas posiblemente empleados en una empresa, cuya(s) falla(s) viene(n) dada(s) por

millón de horas (*FPMH*), la cual se debe convertir posteriormente en fallas por año denominada así ?. Ahora bien, se obtiene el *TPPF* de la siguiente ecuación:

$$TPPF = \frac{1}{I} \text{ años}$$

Para obtener la confiabilidad del subsistema con la siguiente ecuación:

$$R = e^{-It} * 100$$

Luego se analizan los componentes dependiendo de la necesidad de empleo de cada subsistema en cada sistema para calcular la confiabilidad de dicho sistema de la siguiente manera:

Si es necesario que cada subsistema funcione para el cumplimiento a cabalidad del sistema se evalúa como un sistema serie. En un sistema en serie la confiabilidad está dada por:

$$R_s = R_1 * R_2 * R_3 \dots$$

Si sólo es necesario que uno de los subsistemas funcione para el cumplimiento a cabalidad del sistema se evalúa como un sistema paralelo. En un sistema en paralelo la confiabilidad está dada por:

$$R_p = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2)$$

El resultado de la confiabilidad del sistema debe estar por encima de 99.99% según los estándares de calidad de ISO 9000-2000.

3. RECOMENDACIONES

Como resultado de las experiencias que hasta ahora se han podido obtener en Industrias sobre la implantación de una Ingeniería de Confiabilidades se pueden desprender las siguientes recomendaciones, con el propósito de asegurar un eficiente desempeño de las funciones de la empresa:

De Tipo Técnico:

Los documentos que constituyen la información básica para conocer los equipos, direcciones y conectividades de las corrientes, sistemas de protección, condiciones de diseño y otros como diagrama de Flujo de Procesos, Plano de ubicación y espaciado de los Equipos, Manual de Operación, deben estar actualizados ya que son documentos claves para la ejecución del ejercicio del Análisis de Riesgos y el simple hecho de estar desactualizados dificultan o restan valor de la

credibilidad de los resultados obtenidos en la realización de un ejercicio de "HAZOP".

De Tipo Organizacional:

El déficit presupuestario o la no inclusión en los ejercicios presupuestarios para acometer las recomendaciones, representa una barrera para su cumplimiento. Por otro lado, la dificultad para establecer los compromisos con la línea y hacer seguimiento, así como también, la asignación ocasional de personal poco calificado y con escasos conocimientos de las metodologías a aplicar.

4. CONCLUSIONES

Los aspectos más importantes para cumplir a cabalidad con una Ingeniería de Confiabilidad son los siguientes:

- Es importante impartir un adiestramiento básico en la determinación de las causas raíces de los problemas a todo el personal con responsabilidad directa en la operación del proceso, así como a los mantenedores de áreas y talleres.
- Divulgar los contenidos de los reportes de Investigación de Accidentes e Incidentes y reforzar su aplicación.
- Incorporar al Sistema de Seguimiento de Acciones de Seguridad toda recomendación relacionada con eventos asociados a la seguridad del proceso.
- Auditar con frecuencia la divulgación de los accidentes para resolver las barreras que inciden en la calidad y continuidad del proceso.
- Designar como líderes de investigación de los eventos menores asociados a la seguridad del proceso al personal de operaciones y de mantenimiento con el adiestramiento básico requerido para conducir el análisis y determinar las causas básicas, dando asesoría oportuna durante el proceso.
- Crear y fortalecer el compromiso gerencial y supervisorio para la implantación de IME.
- Mantener la aplicación de las metodologías de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) y de inspección basada en riesgos (IBR).
- Diseñar el programa de inducción de IME para toda persona que asuma responsabilidades sobre equipos críticos.
- Mantener la vigilancia permanente sobre el uso y aplicación de IME con el fin de promover el mejoramiento continuo.

REFERENCIAS

- [1]. Andrews, I.D. and Moss, T.R. "Reliability and Risk Analysis". Essex: Longman Scientific & Technical, 1993.
- [2]. John Woodhouse. "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad". The Woodhouse Partnership. 2000.
- [3]. Ebeling, Charles E. "An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering". McGraw Hill. New York, 1997.
- [4]. Modarres, Mohammad; Kaminsky, Mark; Kritsov, Vasily. "Reliability Engineering and Risk Analysis". Marcel Dekker, New York, 1999.
- [5]. Yañez, Medardo - Joglar, Fancisco - Modarres Mohammad, Generalized Renewal Process for analysis of Repairable Systems with limited failure experience – Reliability Engineering and System Safety Analysis Journal – ELSVIER – USA 2002.
- [6]. Yañez, Medardo – Gómez de la Vega, Hernando, Valbuena Genebelin, Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo – ISBN 980-12-0116-9 - Junio 2003.
- [7]. Parra, C. "ACR: Análisis Causa Raíz - Herramienta de Optimización del Mantenimiento", Ingeniería de Mantenimiento, Universidad de los Andes/ULA, Venezuela 2000,
- [8]. Smith, D, "Reliability, Maintainability and Risk". (5 th Edition), 1997, Oxford: Butter worth-Heinemann.
- [9]. Grimaldi-Simonds. La Seguridad Industrial Su Administración. Alfaomoga México 1985.
- [10]. Woodhouse, John, "Managing Industrial Risk", Chapman and Hall, Oxford, UK, 1993.
- [11]. Woodhouse, John, "Optimización Costo Riesgo de Mantenimiento". The Woodhouse Partnership. 2000.
- [12]. James A. Leflar. Practical TPM. "The Method for Success at Agilent Technologies", January 2001.
- [13]. Pouliezos, Stavrakakis. (1994). Real Time Fault Monitoring of Industrial Processes. Kluwer Academic Publishers.
- [14]. Jhon S. Oakland. "Statistical Process Control" Jhon Wiley & Sons, Inc., New York, 1986.
- [15]. Gertler Janos J. (1998). Fault Detection and Diagnosis in Engineering Systems. Marcel Dekker, Inc. Printed USA.

Referencias en Artículos Publicados:

- [16]. TARANTINO, R., & ARANGUREN, S., "Sistemas para la Detección y Diagnóstico de Fallas". Pamplona, 2004.
- [17]. AMÁNDOLA, L., "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad". Venezuela, 2004.

Referencias de páginas WEB visitadas:

- [18]. <http://internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/bib/notas/10frecuencia.asp>, mantenimiento mundial
- [19]. <http://www.mantenimiento/mundial>
- [20]. <http://www.solomantenimiento.com>