

**DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA SOLUCIÓN
INFORMATICA PARA EL ANALISIS DE CAUSA RAIZ
DE ACCIDENTES / INCIDENTES EN EL
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

RAFAEL DE J. DEVOZ TORRES

MARLON DE J. TORRES CANABAL

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
CARTAGENA, DE INDIAS D.T. Y C.**

2004

**DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA SOLUCIÓN
INFORMATICA PARA EL ANALISIS DE CAUSA RAIZ
DE ACCIDENTES / INCIDENTES EN EL
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

RAFAEL DE J. DEVOZ TORRES

MARLON DE J. TORRES CANABAL

**Monografía presentada como requisito parcial para optar el
título de Ingeniería Mecánica**

**DIRECTOR
ING. JULIO BURBANO**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
CARTAGENA, DE INDIAS D.T. Y C.**

2004

Nota de Aceptación.

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Cartagena de Indias, 3 de Diciembre de 2004.

Cartagena, Diciembre 3 de 2004.

**SEÑORES
COMITÉ DE REVISIÓN DE MONOGRAFIA
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad**

Apreciados señores.

Por medio de la presente me permito informarles que la monografía titulada **“DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA SOLUCIÓN INFORMATICA PARA EL ANALISIS DE CAUSA RAIZ DE ACCIDENTES / INCIDENTES EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL”** ha sido desarrollada de acuerdo a los objetivos establecidos.

Como autores del proyecto ha considerado que el trabajo es satisfactorio y amerita ser presentado por su evaluación.

Atentamente

Rafael Devoz Torres
Código: 9803006

Marlon Torres Canabal
Código: 9703532

Cartagena de Indias D.T. y C, Diciembre de 2004

**SEÑORES
COMITÉ DE GRADO
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad**

Respetados señores.

Con la presente me dirijo con el fin de emitir mi concepto y aprobación en calidad de asesor de la monografía titulada “**DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA SOLUCIÓN INFORMATICA PARA EL ANALISIS DE CAUSA RAIZ DE ACCIDENTES / INCIDENTES EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.**”, elaborada y preparada por los estudiantes Rafael de Jesús Devoz Torres y Marlon de Jesús Torres Canabal.

Este trabajo se ajusta a las normas y procedimientos metodológicos exigidos por la facultad y constituye además un valioso aporte a la industria en general.

Cordialmente

Ing. Alfonso Núñez Nieto
Asesor de Monografía

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D.T. y C, Diciembre de 2004

Yo, RAFAEL DE JESUS DEVOZ TORRES identificado con la cedula de ciudadanía No. 9.296.441 de Turbaco / Bolívar, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo On-line de la biblioteca.

Rafael de Jesús Devoz Torres
c.c. # 9.296.441 de Turbaco

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D.T. y C, Diciembre de 2004

Yo, MARLON DE JESUS TORRES CANABAL identificado con la cedula de ciudadanía No. 9.293.257 de Turbaco / Bolívar, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo On-line de la biblioteca.

Marlon de Jesús Torres Canabal
c.c. # 9. 293.257 de Turbaco

ARTICULO 105

La UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR, se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grados aprobados, y no pueden ser explotados comercialmente sin autorización.

DEDICATORIA

Gracias a DIOS.

Gracias a mis padres Norma Torres Santodomingo y Rafael Devoz Cardona por su apoyo incondicional y de que los logros se cumplieran.

A mis familiares y amigos.

Rafael de Jesús Devoz Torres

DEDICATORIA

Gracias a Dios, a mis padres Felipe Torres Castellón y Mirian Canabal Gonzáles, a mis familiares y amigos, por su gran Apoyo incondicional y por creer en mi.

Marlon de Jesús Torres Canabal

AGRADECIMIENTOS

Los autores de esta monografía expresan sus agradecimientos por sus asesorías, e incondicional colaboración:

ING. ALFONSO NÚÑEZ NIETO. Ingeniero Mecánico, Jefe Departamento POP de la refinería de ECOPETROL S.A. Cartagena de Indias. Director y docente de la monografía.

ING. JULIO BURBANO. Ingeniero Mecánico, Jefe Departamento de Confiabilidad de la refinería de ECOPETROL S.A. Cartagena de Indias. Docente de la monografía.

ALFREDO FIGUEROA. Tecnólogo en Sistemas. Por su apoyo en la realización del Software TASC.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo General	
2.2 Objetivos Específicos	
3. JUSTIFICACIÓN	5
4. NOMENCLATURA	
4.1 ACCIDENTES DE TRABAJO	6
4.1.1 ¿Porque la investigación de Accidentes?	
4.2 INCIDENTE	7
4.3 Fases de la Investigación de Accidentes e Incidentes.	
4.4 ¿Quién realiza la investigación?	9
4.5 DNV - Det Norske Veritas	10
4.6 RIESGO	11
5. ELIMINACIÓN DE DEFECTOS	12
5.1 Fases en el Proceso de Eliminación de Defectos	14
5.1.1 Fase 1: Disparar el Incidente	14
5.1.2 Fase 2: Análisis del Problema	15
5.1.3 Fase 3: Análisis de la Causa Raíz	15

5.1.4 Fase 4: Desarrollo de la Solución	15
6. MATRIZ RAM – MATRIZ DE VALORACIÓN DE RIESGOS Y PRIORIZACIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO	16
6.1 Probabilidad	18
6.1.1 Interpretación de Riesgos	19
6.2 Consecuencias	19
6.2.1 Definición de gravedad en Consecuencia ...	20
6.3 Pasos para la utilización de la matriz RAM	21
7. ANALISIS DE CAUSA RAIZ – RCA	22
8. SALUD OCUPACIONAL	24
8.1 Riesgos y Daños Profesionales	25
8.1.1 Clases de Riesgos y Daños	25
9. TECNICA DE ANALISIS SISTEMATICO DE CAUSAS – TASC	27
9.1 Modo de Instalación del Software TASC	27
9.2 Metodología del TASC	28
9.2.1 Descripción del Accidente o Incidente	29
9.2.2 Evaluación del potencial de pérdidas	29
9.2.2.1 Severidad del Potencial de Pérdida	
9.2.2.2 Probabilidad de Recurrencia	
9.2.2.3 Frecuencia de Exposición	
9.2.3 Tipo de Contacto	30

9.2.4 Causa Inmediata	30
9.2.4.1 Actos Subestándares	30
9.2.4.2 Condiciones Subestándares	30
9.2.5 Causas Básicas	31
9.2.6 Necesidades del Sistema	31
10. DESARROLLO DE EJEMPLO	31
10.1 DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE	31
10.2 VALORACIÓN DEL INCIDENTE	32
10.3 ANTECEDENTES	33
10.4 SECUENCIA DE EVENTOS	34
10.5 APLICACIÓN DE LA TECNICA DE ANALISIS SISTEMATICO DE CAUSAS	37
10.6 VALORIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR VERTIMIENTO DE HC EN SEPARADOR API Y UNIDAD 100	37
10.7 CALCULO PÉRDIDA PRODUCTO DEL TK-3103 AL SEPARADOR	38
10.8 RECOMENDACIONES	39
10.9 LECCIONES APRENDIDAS	40

RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Fases detalladas para la eliminación de defectos de manera estructurada	16
Tabla 2: Matriz de Valorización de Riesgos	17
Tabla 3: Probabilidad de riesgo en la matriz RAM	18
Tabla 4: Interpretación de Probabilidad de riesgos en la matriz RAM	19
Tabla 5: Consecuencias de riesgos de la matriz RAM	19
Tabla 6: Definición de gravedad en Consecuencia	21
Figura 1: Vista previa del software TASC	28
Figura 2: Fotografía del separador U-100	32
Tabla 7: Análisis de Valoración de riesgos	32
Tabla 8: Interpretación de la matriz de Valoración de Riesgos	33
Figura 3: Vista de planta del sistema de drenaje al canal sur del separador U-100	36
Figura 4: Aplicación del Software de la Técnica de Análisis Sistemático de Causas	37

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de monografía es diseñar y aplicar una solución informática para el análisis de causa raíz de accidentes / incidentes en el mantenimiento industrial, basado en el conocimiento de las necesidades de la organización y recomendar la eliminación de defectos.

Los conocimientos utilizados para el desarrollo de esta monografía estuvieron fundamentadas de con la información suministrada a lo largo del Minor de Mantenimiento Industrial, las consultas en Internet y las asesorías prestadas por los ingenieros Alfonso Núñez y Julio Burbano.

El modelo informático de la técnica de análisis de causa raíz se diseño con el propósito de optimizar el tiempo de ejecución de esta técnica en la industria ayudando así, a reducir el costo del personal a cargo de la solución a fallas presentes en la organización, también para tomar control sobre el impacto de las lesiones personales en la industria, entre otros.

INTRODUCCIÓN

Usar una herramienta que represente un proceso disciplinado de pensamiento hasta llegar a la verdadera causa original del problema, se ha convertido en una necesidad últimamente en el mantenimiento industrial.

La técnica de “Solución Informática para el Análisis de Causa Raíz de Accidentes / Incidentes en el Mantenimiento Industrial” es una herramienta para analizar y corregir problemas complejos que aparentan tener muchas causas interrelacionadas, basándonos en el método de Análisis de Causa Raíz para identificar la causa última de un problema ya sea de los activos físicos, los procesos de producción y a lo humano, entre otros.

Identifica las causas físicas, humanas y latentes de cualquier tipo de falla o incidente que pueden ocurrir, u ocurren una o varias veces, permitiendo adoptar las acciones correctivas que reducen los costos del ciclo de vida útil del proceso, mejora de la seguridad y la confiabilidad del negocio.

Esta herramienta nos ayuda a definir rápidamente la solución a la falla.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Un incidente se define como un problema que impedirá el progreso de un proceso y no puede ser resuelto por el Administrador de Proyecto y su equipo de trabajo, sin participación externa.

El análisis de causa de incidencias es uno de los procesos fundamentales del Método de Análisis de Causa Raíz. La administración de incidencias es una de las habilidades en las que un Administrador de activos debe ser experto. La mayoría de los procesos, de cualquier tamaño, deben enfrentarse a incidencias y a los impactos que estos generen en cuanto a pérdidas económicas, lesiones personales, la imagen de empresa y el medio ambiente. Estos impactos no pueden ser ignorados y no pueden ser postergados, por tanto deben ser resueltos de manera rápida y efectiva.

En la actualidad la utilización de la herramienta de técnicas análisis sistemático de causa (TASC) es poco utilizado en la industria y en especial en el desarrollo de investigación de sus incidentes y/o accidentes ya que se ha observado que el tiempo que se necesita o se emplea para la ejecución se sale de lo estipulado, causando un sobre costo en horas/hombres en el personal a cargo de la investigación, los cuales debido a la presentación de esta herramienta en la actualidad.

Con esta herramienta en el proceso se puede asegurar que la gente apropiada está consciente acerca del incidente y en consecuencia conducir la resolución del mismo tan pronto como sea posible.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Facilitar el análisis de causa raíz mediante la aplicación de un modelo informático para determinar las necesidades de la organización y recomendar la eliminación de defectos.

1. Objetivos Específicos

- ❖ Optimizar el tiempo de ejecución de la técnica de análisis sistemático de causas en la industria.
- ❖ Reducir el costo del personal a cargo de la solución a fallas presentes en la planta.
- ❖ Tomar control sobre el impacto de las lesiones personales en la industria.
- ❖ Lograr mantener la buena imagen y protección del medio ambiente.
- ❖ Identificar las causas últimas de cualquier falla.
- ❖ Tomar acciones correctivas de manera directa para dar solución inmediata.

3. JUSTIFICACIÓN

La implementación del software para la herramienta de análisis de causa raíz de accidentes y/o incidentes, es una solución para determinar las necesidades de la organización, eliminación de defectos, optimizar el tiempo de ejecución de dicha herramienta llevando consigo la reducción de costo beneficio en horas-hombres en el personal a cargo de la investigación, es decir la disminución de perdidas económicas, lesiones personales, mantener la buena imagen de la empresa y la conservación del medio ambiente. Por otro lado el interés de este proyecto es que se logre una mejor utilización de dicha herramienta y con esta se logra administrar los riesgos de un accidente/incidente en una organización, describiendo el potencial de pérdida debido al impacto de un accidente, definiendo el tipo de contacto, determina la causa inmediata/directa, define la causa básica/raíz y las necesidades del sistema.

Con esta herramienta se facilita el análisis ayudando a implementar una cultura organizacional a todo nivel y con ello se garantiza la eliminación de defectos.

4. NOMENCLATURA

4.1 ACCIDENTES DE TRABAJO

Se entiende por accidente de trabajo toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecute por cuenta ajena.

Tendrán consideración de accidentes de trabajo: Los que sufra el trabajador con ocasión o como consecuencia del desempeño de cargos electivos de carácter sindical, así como los ocurridos al ir o volver del lugar en que se ejerciten las funciones propias de dichos cargos. Los ocurridos con ocasión o por consecuencia de las tareas que aun siendo distintas de las de su categoría profesional, ejecute el trabajador en cumplimiento de las ordenes del empresario o espontáneamente en interés del buen funcionamiento de la empresa. Los ocurridos en actos de salvamento y en otros de naturaleza análoga cuando unos y otros tengan conexión con el trabajo. Las enfermedades, no incluidas en la definición de enfermedad profesional, que contraiga un trabajador con motivo de la realización de su trabajo, siempre que se pruebe que la enfermedad tuvo por causa exclusiva la ejecución del mismo.

Se presumirá, salvo prueba en contrario, que son constitutivos de accidentes de trabajo las lesiones que sufra el trabajador durante el tiempo y en el lugar de trabajo.

4.1.1 Porque la investigación de Accidentes?

La investigación de accidentes es una herramienta fundamental en el control de las condiciones de trabajo, y permite obtener a la

empresa una información valiosísima para evitar accidentes posteriores. En ningún caso esta investigación servirá para buscar culpables sino soluciones.

La Investigación de Accidentes, desde el punto de vista de la prevención, se define como “La técnica utilizada para el análisis en profundidad de un accidente laboral ocurrido, a fin de conocer el desarrollo de los acontecimientos, determinar el porqué de lo sucedido e implantar las medidas correctivas para eliminar las causas y evitar la repetición del mismo accidente o similares”.

4.2 INCIDENTE

Se entiende por incidente aquellos accidentes que no hayan ocasionado lesiones a los trabajadores expuestos, también denominados “accidentes blancos”.

Su investigación permitirá identificar situaciones de riesgos desconocidas o infravaloradas hasta ese momento e implantar medidas correctoras para su control, sin esperar a la aparición de consecuencias lesivas para los trabajadores expuestos.

4.3 Fases de la Investigación de Accidentes e Incidentes.

Como pasos para el análisis de investigación de accidentes e incidentes, tenemos:

1. Obtener información: La calidad del posterior análisis va a depender de los datos obtenidos y por ello, para hacer un análisis riguroso de las causas, deberá hacerse una correcta toma de datos teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Centrarse en la búsqueda de las causas y evitar la búsqueda de culpables. En caso contrario estamos fomentando que posteriores accidentes o incidentes se oculten y nunca puedan ser investigados.
- ❖ Aceptar únicamente hechos probados y no interpretaciones o juicios de valor.
- ❖ Llevar a cabo la investigación lo más inmediatamente posible al momento del accidente.
- ❖ Reconstruir fielmente el accidente “in situ”, organizando la disposición de los lugares y la organización del espacio de trabajo tal y como era en los instantes previos al accidente.
- ❖ Recolectar información tanto de las condiciones materiales de trabajo (instalaciones, máquinas, etc.), como de las organizativas (métodos y procedimientos), así como del comportamiento y aptitudes personales (calificación, formación, etc.).
- ❖ Algunos datos que habitualmente se recaban del propio accidentado, testigos o personal de la empresa son: Fecha, hora, día y lugar del accidente, nombre, edad y experiencia del accidentado, antigüedad y ocupación en la empresa, condiciones de trabajo y ambientales, parte del cuerpo lesionada y gravedad, etc.

2. Análisis de datos y determinación de la causa raíz. Sólo se aceptarán como causas aquellas demostradas y no apoyadas en suposiciones.
3. Propuesta y adopción de medidas correctivas. Deberán adoptarse las medidas preventivas necesarias para que lo sucedido no se repita. Además, se elaborarán y archivarán los documentos que verifiquen la investigación y posterior implantación de medidas para corregir aquellas situaciones causantes de accidentes. En estos casos es muy recomendable incluir fotografías, planos o esquemas gráficos que faciliten la comprensión.
4. Seguimiento y control de las medidas correctivas aprobadas.

4.4 Quién realiza la investigación?

La Ley de Prevención de Riesgos laborales establece que toda empresa debe tener un sistema de organización de la prevención de riesgos, en una empresa se debe establecer un Servicio de Prevención Propio como órgano de carácter técnico para todo lo relativo a la implantación y control de la prevención de riesgos en el ámbito de la misma.

Por ello la investigación de accidentes e incidentes se llevarán a cabo por los Técnicos de Prevención de Riesgos Laborales de la empresa o similares (personal capacitado, entre otros), con el apoyo de los responsables directos de las personas o del lugar donde a ocurrido el hecho, u otro personal relacionado con el caso (el propio accidentado o los testigos directos del accidente). Una vez que la comunicación de accidente ha llegado a la Unidad de Salud,

realizarán la investigación del accidente o incidente sucedido. Serán los Técnicos los encargados de realizar la toma de datos y la redacción del informe correspondiente.

Dado que el objetivo principal y último de toda investigación es identificar las causas del accidente y/o incidente y éstas suelen ser múltiples, de distinta tipología e interrelacionadas, es necesario profundizar en el análisis causal a fin de obtener de la investigación la mejor y la mayor información posible, de modo que se puedan establecer e implantar las medidas correctivas necesarias para lograr la “no repetición” del mismo accidente y/o incidente o similares.

4.5 DNV - Det Norske Veritas

- ❖ Es una fundación independiente establecida desde 1864.
- ❖ El Objetivo de esta organización es Salvaguardar vida, propiedades y el medio ambiente.
- ❖ Opera por el mundo, en aproximadamente 100 países con 5,800 empleados.
- ❖ Es un proveedor internacional principal de servicios para el riesgo en mantenimiento.

DNV es una organización que se basa en recursos como son la creatividad, conocimiento, y especialización de nuestros empleados. La mayoría de sus 5,800 empleados son ingenieros muy calificados y el personal técnico. DNV es una compañía internacional con aproximadamente 300 oficinas en 100 países diferentes. Su oficina principal se encuentra en Oslo, Noruega. La red global DNV's es

vinculada por informática eficaz que permite crear el valor por sus clientes de una manera coherente y consistente mundial.

Principalmente DNV opera internacionalmente en las industrias múltiples, pero en cuatro industrias tienen una presencia del mercado fuerte y una base del cliente sólida.

Estas industrias son:

- ❖ Marítimo
- ❖ El Petróleo & el Gas
- ❖ El proceso
- ❖ El transporte Automotor

4.6 RIESGO

Es la probabilidad de que se materialice una amenaza o una falla.
Los riesgos bajan aplicando mantenimiento preventivo.

El riesgo a falla esta dado por la expresión:

$$R = CxPxE$$

Donde: R es el riesgo, C es la consecuencia, P es probabilidad y E es la exposición.

5. ELIMINACIÓN DE DEFECTOS

La eliminación de defectos es un enfoque estructurado para eliminar las fallas con énfasis en los incidentes (eventos) y equipos individuales con fallas repetitivas (“Malos Actores”). La eliminación de defectos es el punto de mas influencia ya que conlleva a reducir el numero de fallas, reducir el trabajo reactivo y reducir los trabajos de urgencias logrando así la confiabilidad e integridad de los equipos, la optimización del volumen de trabajo y la eficiencia en la ejecución del mismo.

Es importante manejar un programa de eliminación de defectos por los siguientes aspectos:

- ❖ Algunos problemas parecen aceptados
- ❖ Puede que se conozca las causas, pero no se han desarrollado soluciones
- ❖ Puede que pase más allá de ciertos límites departamentales
- ❖ Muchas veces implica varios niveles en la organización
- ❖ Existen varias disciplinas y funciones
- ❖ Debe haber un facilitador
- ❖ Se debe evitar culpar
- ❖ Nos exige disciplina en su desarrollo
- ❖ Se necesita cooperación.

La eliminación de defectos debe utilizar un enfoque estructurado con herramientas de calidad, para evitar los siguientes problemas:

- ❖ A menudo no lo hacemos suficientemente bien:

Hay 3 razones importantes que no permiten resolver los problemas: Definición incompleta del problema, causales desconocidos de la relación entre los hechos y enfoque en soluciones sin ver antes las causas.

El análisis de causa raíz, está en el centro de cualquier programa de eliminación de defectos (o malos actores).

La eliminación efectiva de defectos es uno de los parámetros claves de éxito de un proceso de gestión de confiabilidad.

- ❖ Hay una tendencia de concentrarse en causas técnicas:

Muchas veces se quieren soluciones técnicas. Se encuentran evidencias de que por lo menos el 50% de las fallas tienen causas que son relacionadas con el factor humano, a menudo porque la gente está haciendo lo que piensa que es correcto (existe deficiencia en el entrenamiento u operación), o porque se están ejecutando instrucciones incorrectas, o éstas no tienen la suficiente claridad.

- ❖ Con frecuencia no hay bastante estructura en el enfoque:

Muchas veces los problemas sencillos se pueden resolver con un enfoque no-estructurado (síntoma = causa), pero los problemas más complejos necesitan un enfoque más estructurado, con frecuencia es difícil distinguir entre causa y efecto, entonces no se deben eliminar los síntomas, si no los defectos que producen los síntomas.

- ❖ Con frecuencia los problemas son mal entendidos.
- ❖ Muchas veces continuar demasiado, es un problema.

- ❖ A menudo las fuentes de información no se utilizan.
- ❖ Puede que las causas raíces vayan 5 o 6 niveles más allá de lo que se manifiesta en el problema.
- ❖ Las circunstancias relacionadas o que contribuyen no siempre son evidentes.
- ❖ Tenemos la tendencia de llegar a conclusiones de una manera apresurada.
- ❖ Muchas veces queremos resolver las cosas de una manera fácil.

5.1 Fases en el Proceso de Eliminación de Defectos

Para que un programa de eliminación de efectos sea efectivo, se deben utilizar 4 fases:

Fase 1: Disparar el Incidente

Fase 2: Análisis del Problema

Fase 3: Análisis de la Causa Raíz

Fase 4: Desarrollo de la Solución

5.1.1 Fase 1: Disparar el Incidente

Disparar o prender, determinando las prioridades de los incidentes que causan una desviación del plan de producción (registro de eventos o incidentes); teniendo en cuenta como contenido los hechos por medio de preguntas como, ¿que es problema?, ¿cuando sucedió?, ¿donde fue identificado? y qué consecuencia tuvo el incidente.

Identificar los malos actores o equipos que fallan frecuentemente o que tienen una historia de reparaciones costosas, de tal manera que los datos históricos sean analizados continuamente y seguidamente se valoriza el incidente utilizando la matriz RAM.

5.1.2 Fase 2: Análisis del Problema

La segunda fase es analizar el problema mediante recolección de datos - hechos y la formulación de una confirmación de ese problema para evitar trabajar en el problema incorrecto; primero se debe identificar el problema y luego definirlo

5.1.3 Fase 3: Análisis de la Causa Raíz

La tercera fase es un proceso efectivo y estructurado de Análisis de Causa Raíz (RCA), se enfoca en la determinación de las causas del problema; como está identificada la confirmación del problema y como está definida la descripción del problema.

La mala calidad de los datos y llegar a conclusiones de una manera apresurada, son los riesgos que normalmente se tienen.

5.1.4 Fase 4: Desarrollo de la Solución

La cuarta fase es el desarrollo de una solución que cumpla con un conjunto de criterios, para que eviten crear problemas nuevos o peores.

FASES DETALLADAS PARA LA ELIMINACION DE DEFECTOS DE MANERA ESTRUCTURADA				
Fases	Descripción	Pasos	Resultado	% Avance
I. Registrar los Incidentes	El registro de un incidente junto con la información relevante y la decisión de llevar a cabo un RCA y si es el caso a qué nivel se debe conducir la investigación.	1. Reporte de Incidentes	Informe del incidente	
		2. Valoración del Incidente (RAM)	Nivel de Investigación	
II. Análisis de Problemas	Dividir una situación compleja en porciones manejables. Respuestas a "¿cuál es el problema?"	3. Identificación del Problema	Confirmación del problema	
		4. Definición del Problema	Listado de Hechos	
III. Análisis de Causa Raiz	La búsqueda sistemática de la(s) causa(s) del problema. Respuestas al "¿por qué?"	5. Análisis de Causas Posibles	Causas posibles	
		6. Validación de los Datos	Causas probables	
		7. Verificación de la(s) Causa(s)	Causa(s) Raiz(ces)	
IV. Desarrollo de una Solución	Una técnica sistemática para seleccionar la(s) alternativa(s) más balanceada(s) (una que elimine las causas sin crear nuevos o peores problemas).	8. Declaración de la Decisión	Dictamen objetivo de lo que se quiere	
		9. Selección de Criterios	Deberes y Deseos	
		10. Solucion(es) Alternativa(s) (OTs)	Soluciones Posibles	
		11. Análisis de la Decisión	La(s) Solución(es) mas Equilibrada(s)	

Tabla 1 – Fases detalladas para la eliminación de defectos de manera estructurada

6. MATRIZ RAM – MATRIZ DE VALORACIÓN DE RIESGOS Y PRIORIZACIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

La Matriz de Valorización de Riesgos y priorización de trabajos de mantenimiento constituye una herramienta útil que ayuda a la Gerencia y toda la organización a enmarcarse dentro de las políticas, procedimientos y objetivos estratégicos relacionados con los riesgos e interpretar en términos de niveles de riesgos tolerables nuestras actividades cotidianas.

En la valoración del incidente se debe identificar los incidentes más críticos con el mayor impacto sobre el negocio. Se debe decidir la profundidad apropiada de la investigación y el nivel de atención por

parte de la administración, asignar las responsabilidades para el desarrollo de la solución y establecer fecha de compromisos y finalización.

CONSECUENCIAS				PROBABILIDAD			
Personas	Economica *	Ambiental	Imagen de la Empresa	A	B	C	D
				No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en nuestra Empresa	Sucede varias veces por año en nuestra Empresa
Una o mas Fatalidades	Catastrófica	Masivo	Internacional	5	M	M	H
Incapacidad Permanente	Grave	Mayor	Nacional	4	L	M	H
Incapacidad Temporal > 1 día	Severo	Localizado	Regional	3	N	L	M
Lesion Menor (sin incapacidad)	Importante	Menor	Local	2	N	N	L
Lesion Leve (1ros auxilios)	Marginal	Leve	Interna	1	N	N	L
Ninguna Lesion	Ninguna	Ningun Efecto	Ningun Impacto	0	N	N	N

NOTA (*) Impacto económico cubre tanto las instalaciones como los procesos y productos. Los valores de estas se expresan en función del valor de los activos de la empresa.

Tabla 2 – Matriz de Valorización de Riesgos

Esta matriz maneja los conceptos de Probabilidad de recurrencia a falla en la industria o compañía valorizándolas por escala, desde la A hasta la E; y el concepto de Consecuencia potenciales de la falla o daño en 4 categorías como son Personas, Económica, Medio Ambiente e Imagen de la Empresa y estas valorizándolas en 6 niveles de gravedad.

6.1 Probabilidad

Se define como la posibilidad de que se materialice una amenaza siendo esta como una acción que puede impedir que alcancemos los objetivos deseados.

PROBABILIDAD				
A	B	C	D	E
No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en nuestra Empresa	Sucede varias veces por año en nuestra Empresa	Sucede varias veces por año en la refinería
M	M	H	H	VH
L	M	M	H	H
N	L	M	M	H
N	N	L	L	M
N	N	N	L	L
N	N	N	N	N

Tabla 3 – Probabilidad de riesgo en la matriz RAM

La evaluación de la probabilidad se basa en la experiencia y nos indica la probabilidad de que se materialicen consecuencias indeseadas o que vaya a ocurrir una falla.

La probabilidad trata de que se analicen las consecuencias potenciales estimadas, más no la probabilidad de que se produzca el peligro.

La escala horizontal es 'probabilidad en aumento', cuyo rango va desde altamente improbable hasta frecuente, correspondiente a los valores desde A hasta E, respectivamente.

6.1.1 Interpretación de Riesgos

Color	Riesgo	Interpretación.
VH	Muy alto	Riesgo intolerable para asumir, requiere buscar alternativa y decide la Gerencia.
H	Alto	Inaceptable, deben buscarse alternativas. Alto riesgo. Si se decide realizar la actividad, deberá implementarse previamente un tratamiento especial en cuanto al nivel de control (Demostrar control de riesgo). Gerencia involucrada en decisión e investigación de incidentes.
M	Medio	Se deben tomar medidas para reducir el riesgo a niveles razonablemente prácticos, debe demostrarse el control del riesgo.
L	Bajo	Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos (permisos, ATS, procedimientos, lista de chequeo, responsabilidades y competencias, EPP, etc).
N	Despreciable	Riesgo muy bajo, usar sistemas de control y calidad establecidos.

Tabla 4 - Interpretación de Probabilidad de riesgos en la matriz RAM

6.2 Consecuencias

Representa el costo para el negocio o empresa, en que se incurrirá si efectivamente se materializa la amenaza de la falla o evento.

CONSECUENCIAS				
Personas	Economica *	Ambiental	Imagen de la Empresa	
Una o mas Fatalidades	Catastrófica	Masivo	Internacional	5
Incapacidad Permanente	Grave	Mayor	Nacional	4
Incapacidad Temporal > 1 dia	Severo	Localizado	Regional	3
Lesion Menor (sin incapacidad)	Importante	Menor	Local	2
Lesion Leve (1ros auxilios)	Marginal	Leve	Interna	1
Ninguna Lesion	Ninguna	Ningun Efecto	Ningun Impacto	0

Tabla 5 – Consecuencias de riesgos de la matriz RAM

Es posible que las consecuencias del mismo acontecimiento no sean las mismas para todas las instalaciones ya que pueden ser situaciones iguales pero se gestionan distintamente.

Para indicar el nivel de gravedad, se utiliza una escala de consecuencias de "0" a "5", relacionándolas en cuatro categorías.

La consecuencia es aquella que puede producirse a raíz de un peligro y dentro de una situación hipotética creíble (considerando las condiciones predominantes).

En este análisis se utilizan las consecuencias potenciales en vez de las reales.

6.2.1 Definición de gravedad en Consecuencia

La siguiente tabla explica el significado de los niveles de gravedad en la consecuencia:

Número	Descripción
0	Sin Efectos: Sin daño ambiental. Sin modificaciones en el medio ambiente. No requiere remediación. No representa pérdidas en función de los activos de la empresa.
1	Efectos Leves: Daño ambiental leve. Dentro de la empresa. Acciones de remediación insignificantes. Representa un 20 % en pérdidas en función de los activos de la empresa.
2	Efectos Menores: Contaminación o descarga suficientemente importante para dañar el medio ambiente, pero no con efectos duraderos. Una única violación a los límites legales, o prescriptos o única queja. Representa un 40 % en pérdidas en función de los activos de la empresa.
3	Efectos Localizados: Descarga limitada afectando el vecindario y dañando el medio ambiente, repetidas violaciones de los límites legales o prescriptos ó varias quejas. Representa un 60 % en pérdidas en función de los activos de la empresa.

4	Efectos Mayores: Daños ambientales graves. Se exige a la empresa que tome medidas importantes para aproximar el medio ambiente contaminado a su estado original. Violaciones prolongadas a los límites legales o prescriptos, molestia expandida. Representa un 80 % en pérdidas en función de los activos de la empresa.
5	Efectos Masivos: Persistentes daños ambientales graves o serias molestias que afectan un área extensa, áreas de uso recreativo o de preservación de la naturaleza. Constante y elevada violación de los límites legales o prescriptos. Representa un 100 % o más en pérdidas en función de los activos de la empresa.

Tabla 6 – Definición de gravedad en Consecuencia

6.3 PASOS PARA LA UTILIZACIÓN DE LA MATRIZ RAM

- I. Paso: Definir claramente el escenario a evaluar (Consecuencia o Probabilidad).
- II. Paso: Estimar las consecuencias potenciales en las personas para cada categoría (de 0 a 5).
- III. Paso: Determinar para esa consecuencia en personas cuales es la probabilidad de ocurrencia de A hasta E.
- IV. Paso: Repetir los pasos II y III para las consecuencias en la Economía, el Medio Ambiente y la Imagen de la empresa.
- V. Paso: Determine el mas critico de los riesgos evaluados, analizarlo y tomar acciones correctivas del caso.

A medida que aumenta la gravedad de las consecuencias y la probabilidad también el riesgo aumenta

7. ANALISIS DE CAUSA RAIZ – RCA

Es una metodología disciplinada que permite identificar las causas físicas, humanas y latentes de cualquier tipo de falla o accidente y/o incidente que ocurren una o varias veces permitiendo adoptar las acciones correctivas que reducen los costos del ciclo de vida útil del proceso, mejora la seguridad y la confiabilidad del negocio.

Debido al crecimiento y optimización de costos en la industria, se han desarrollado varias técnicas para analizar los problemas que surgían de las maquinarias, los procesos y el rendimiento de las habilidades, se creó un arma que asegura su confiabilidad y la integridad de los activos, lo cual se le da por nombre “Análisis de Causa Raíz (RCA).

Se debe encarar una cultura de Confiabilidad desde un punto de vista holístico, teniendo en cuenta todos los factores que afectan la Confiabilidad. Para que la Confiabilidad verdaderamente se convierta en una parte de una cultura, debe ser adoptada como responsabilidad de todos, no solamente de mantenimiento. Debe abarcar no solamente temas de los activos físicos (mecánicos, eléctricos, entre otros), deberá cubrir temas relacionados a los procesos de producción y a lo humano.

Para el análisis de causa raíz se debe usar un proceso disciplinado que requiere que las hipótesis sean desarrolladas para ver exactamente por qué ocurrieron las causas, y luego requiere también una verificación para asegurar si es o no cierto, entonces estamos usando Calidad en el Proceso, en vez de basarnos a suposiciones y estar expuestos a la ignorancia.

Existen estilos indisciplinados de RCA que son atractivos para las organizaciones por la rapidez de sus resultados, no siempre esos resultados son de calidad. El verdadero RCA requiere que tomemos el tiempo necesario para probar lo que decimos en vez de hacer el gasto o el esfuerzo innecesario, para entonces así no tomar decisiones erradas que afecten la confiabilidad de los activos.

El RCA tiene como prioridad el desarrollar una cultura de mejoramiento continuo y buscar la solución de problemas; este es un sistema lógico que consiste en el análisis detallado de la calidad y no solo se aplica sobre eventos o incidentes sucedidos, sino en el análisis de las operaciones actuales para su optimización y prevención.

Se debe tener una perspectiva diferente en el análisis de Causa Raíz, construyendo un "caso sólido", donde se demuestre la necesidad de tomar acciones respecto a lo que recomienda el Análisis de Causa Raíz. Aún cuando los objetivos son diferentes, los medios de investigación tienen gran similitud. En ambos casos se debe construir un caso sólido para llegar al fin que deseamos para corregir la falla. Para el analista de causa raíz, la meta es poder implementar nuestras recomendaciones para que no se repita un evento indeseable; la función de este será simplemente la de determinar científicamente CÓMO y PORQUE ocurrió el evento. Esto significa que una serie de causas-efectos se sucedieron hasta llegar a un evento no deseable, luego este debe jugar un papel muy importante que es la de probar que cada hipótesis, si sucedió o no.

Existe una metodología para RCA que consta de 9 pasos lógicos:

Paso 1: Definir el problema principal y las posibles consecuencias.

Paso 2: Describir el problema (cuando, donde, gravedad, entre otros).

Paso 3: Identificar la causa activa y la cadena de causa efecto ¿Qué?, ¿Por qué?

Paso 4: Identificar las condiciones concurrentes.

Paso 5: Identificar las barreras que se rompieron (alarmas, controles que fallaron, errores humanos, etc.).

Paso 6: Definir el marco de la causa raíz (Esfera de influencia).

Paso 7: Análisis del problema (se utiliza cuando la causa desconocida es necesario conocerla).

Paso 8: Listar las posibles soluciones (propuestas temporales o definitivas).

Paso 9: Decidir las medidas que se tomaron (si la elección es difícil utilizar el análisis de decisión).

8. SALUD OCUPACIONAL

La salud ocupacional es la ciencia que tiene por finalidad mejorar y proteger la salud física, mental y social de los trabajadores en los puestos de trabajo y en la empresa en general. La salud ocupacional se encarga de que los trabajos sean seguros y no afecten la integridad del empleado para el logro de los objetivos del negocio.

Es deber de las empresas mejorar y tener como objetivo asignar el bienestar general y área de trabajo de los empleados adecuando las

condiciones de trabajo y vigilando su estado de salud. La función mantenimiento es una de las mas afectadas e involucradas y por tanto el ingeniero de mantenimiento no puede ser un ingeniero integral, además las personas relacionados a cargo deben tener un amplio conocimiento e información sobre lo relacionado con la seguridad y la salud en el trabajo.

8.1 Riesgos y Daños Profesionales

Estado en que el ser vivo ejerce normalmente todas sus funciones, en perfecto equilibrio entre sus fuerzas y las exigencias del medio

La salud de un empleado esta dada por la sumatoria de varios factores que son la salud física, salud psíquica y salud social.

8.1.1 Clases de Riesgos y Daños

Existen clases de riesgos y daños que pueden afectar la integridad y salud de un empleado, estos son:

- ❖ **Biológicos:** Bacterias, hongos, virus.
- ❖ **Químicos:** Gases inertes, metales, solventes, ácidos, álcalis.
- ❖ **Físicos:** Ruido, calor, radiaciones, vibraciones.
- ❖ **Ergonómicos:** Diseño del puesto de trabajo, tareas manuales, movimientos repetitivos.
- ❖ **Sicológicos:** Stress, interacciones humanas, organización, estilos de mando.

Los panoramas de riesgos identifican y establecen los posibles riesgos existentes en la industria y el entorno, y también denomina que tan altos son los riesgos anteriormente mencionados.

Los entes encargados de estos panoramas de riesgos en la industria son las ARP, como también el comité paritario, que es un estado organizado en conjunto con los empleados, trabajadores y administración, y tienen como objetivo principal cuidar eficientemente el desarrollo de la salud ocupacional.

Los incidentes deben reportarse en un sistema estructurado de tal manera que se aprendan y sean divulgados creando una cultura; se debe presentar un informe de gestión por parte de las personas a cargo de la seguridad y salud ocupacional, haciendo énfasis a los valorados como muy alto (VH), alto (H) o medio (M), con los análisis de causa raíz (RCA), recomendaciones y acciones de mantenimiento de allí derivados.

Los accidentes son incidentes que no son controlados cuando hay peligro, es deber reportar los incidentes para evitar los accidentes, controlar los riesgos, respetar las normas de seguridad. Un incidente conlleva a un riesgo este a un accidente. Se tiene que hacer primero, inspección e identificación de las normas de seguridad; segundo, evaluar e implementar los riesgos para encontrar una solución y esto antes que todo debe reportarse; y tercero, intervenir y tomar medidas efectivas para mantener un entorno de trabajo seguro implementando las normas de seguridad.

9. TECNICA DE ANALISIS SISTEMATICO DE CAUSAS – TASC

Es una técnica que facilita al ingeniero de mantenimiento a determinar la causa raíz de un accidente y/o incidente, llevando a cabo una serie de pasos se describe la evaluación del potencial de perdidas, la forma como se da el accidente o incidente, los modos de causalidad de una falla, y las necesidades del sistema.

9.1 Modo de Instalación del Software TASC

Los pasos a seguir son referentes al modo de instalación del software TASC, los cuales son los siguientes:

Paso1: Hacer click en la carpeta DISK 144

Paso 2: Hacer click en la carpeta DISK 1

Paso 3: Pulsar el icono de aplicación Setup.exe

Paso 4: Hacer click en el botón “continuar”.

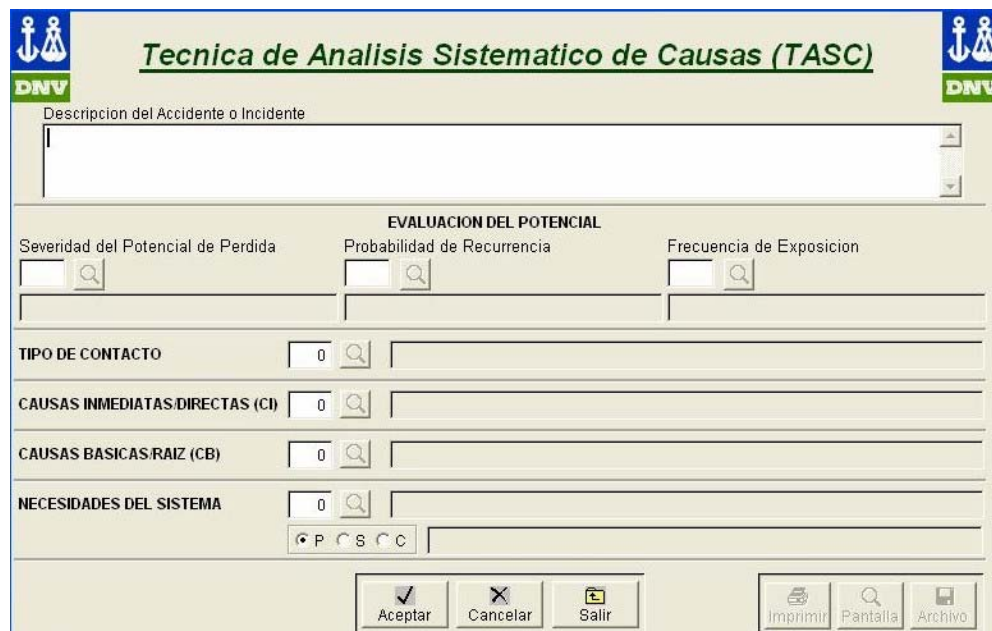
Paso 5: Escribir el nombre y organización para la posterior instalación del software y luego confirme.

Paso 6: Hacer click en el botón “Aceptar”, para estar de acuerdo con la carpeta donde se instalará el software, la cual estará ubicada en la unidad C de su computador.

Paso 7: Hacer click en el icono en forma de computador para terminar la instalación.

Paso 8: Para la ejecución del software ingrese el código de usuario **UTB**, y la clave de acceso **UTB40**, ambas en mayúsculas.

Paso 9: Hacer click en Aceptar seguidamente.



The screenshot displays the 'Técnica de Analisis Sistemático de Causas (TASC)' software interface. At the top, there is a header with the DNV logo and the title. Below the header is a large text area for 'Descripción del Accidente o Incidente'. The main section is titled 'EVALUACION DEL POTENCIAL' and contains three input fields: 'Severidad del Potencial de Perdida', 'Probabilidad de Recurrencia', and 'Frecuencia de Exposicion'. Below these are four more input fields: 'TIPO DE CONTACTO', 'CAUSAS INMEDIATAS DIRECTAS (CI)', 'CAUSAS BASICAS-RAIZ (CB)', and 'NECESIDADES DEL SISTEMA'. Each of these four fields has a dropdown menu with '0' selected and a search icon. At the bottom, there are buttons for 'Aceptar', 'Cancelar', 'Salir', 'Imprimir', 'Pantalla', and 'Archivo'.

Figura 1 – Vista previa del software TASC

9.2 Metodología del TASC

La Técnica de Análisis Sistemático de Causas (TASC) es un proceso de gestión reactiva de la confiabilidad, identifica y prioriza los malos actores. Al entender la importancia del tener en una empresa un proceso de mejoramiento continuo apoyado en el Análisis Causa Raíz, TASC, veamos cuales son los pasos de esta metodología.

9.2.1 Descripción del Accidente o Incidente

Trata de designar un posible accidente físicamente, teniendo en cuenta las causas como tal, si el incidente hubiese ocurrido a escalas mayores, para su posterior análisis, como por ejemplo el tipo de falla que pudo haber ocurrido; en la forma más breve posible.

9.2.2 Evaluación del potencial de pérdidas

Proceso sistemático y estructurado para la evaluación de la falla o riesgo potencial en los procesos, diseños, costos, lesiones, y exposiciones a accidentes después de que estas se presenten, y realizado con la intención de eliminar estas fallas o minimizar los riesgos asociadas a ellas. Reconoce las fallas potenciales de un equipo, o producto y sus efectos sobre el proceso identificando acciones que podrían eliminar o reducir la probabilidad de que la falla potencial ocurra.

Consiste en suponer que pudo haber pasado y en denominar el potencial de pérdidas en 3 factores que son:

9.2.2.1 Severidad del Potencial de Pérdida: El TASC define el rigor del potencial de pérdida en tres niveles como graves, serios y leves; identificando en estas las pérdidas de tiempo por lesiones, incapacidad, pérdida de procesos, costos.

9.2.2.2 Probabilidad de Recurrencia: Nos indica que tantas veces se da el fenómeno de pérdidas; secuencias en las que cualquier falla o riesgo a falla se puede calcular conociendo los precedentes y se evalúa en términos de alto, moderado y bajo.

9.2.2.3 Frecuencia de Exposición: Determina el nivel de frecuencia de riesgo de personas expuestas, en términos de días, en escalas de alto, medio y bajo.

9.2.3 Tipo de Contacto

El TASC nos indica la forma de cómo se da o como ocurre el accidente presentando 11 tipos de contacto mas generalizado.

9.2.4 Causa Inmediata

Es un modelo de causalidad donde especifica la causa de la falla de manera directa, identifica la mas preliminar, palpable y sus recomendaciones son previsibles, teniendo en cuenta los actos subestándares y condiciones subestándares. Estos se pueden presentar en modos de fallas tales como Mecánicas, Material, Instrumentos, Eléctricas, por Influencia externa y Misceláneos de acuerdo a la ISO 14224.

9.2.4.1 Actos Subestándares

Se refiere a hechos producidos por las personas tales como habilidades, métodos, entre otros.

9.2.4.2 Condiciones Subestándares

Se refiere a condiciones físicas o elementos tales como materiales herramientas, equipos.

9.2.5 Causas Básicas

Son las causas imputables a los sistemas de administración y recomienda que se corrijan con prevención, como por ejemplo los cambios de planta, se recomienda implementar un control de cambio de planta para reducir el riesgo de incidente. Es un modelo de causalidad donde nos define la causa raíz de la falla fundamental, teniendo en cuenta como causas básicas, los factores personales y factores de trabajo; bajos los criterios de falla como Diseño, Fabricación / Instalación, Operación / Mantenimiento, Administración y Misceláneos de acuerdo a la ISO 14224.

9.2.6 Necesidades del Sistema

El TASC nos indica la falta de control que debe mejorar la empresa debido a la ausencia de política, norma, regla, procedimiento, conocimiento, entre otros.

10. DESARROLLO DE EJEMPLO

El siguiente ejemplo se estudiará con el fin de analizarlo con el software TASC para evaluar el análisis de causa raíz:

10.1 DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE

Vertimiento no controlado de 3520 barriles de Slop desde el TK-3103 en separador API y skim pond, a través de la descarga de la GX-P-3, por sistema abierto hacia línea de drenaje al canal sur. El hecho se

produjo desde las 18:00 del 1 de Junio/04 hasta las 01:00 del 2 de Junio/04 en la planta de ECOPETROL S.A., Refinería de Cartagena.



Figura 2 – Fotografía del separador U-100

10.2 VALORACIÓN DEL INCIDENTE

A continuación se hace el análisis respectivo del incidente en la matriz RAM:

CONSECUENCIAS					PROBABILIDAD				
Personas	Economica *	Ambiental	Imagen de la Empresa		A	B	C	D	E
					No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en nuestra Empresa	Sucede varias veces por año en nuestra Empresa	Sucede varias veces por año en la refinería
Una o mas Fatalidades	Catastrofica > \$10M	Masivo	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad Permanente	Grave \$1M a \$10M	Mayor	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad Temporal > 1 dia	Severo \$100K to \$ 1.0 M	Localizado	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesion Menor (sin auxilios)	Importante \$10K to \$100K	Menor	Local	2	N	N	L	L	M
Lesion Leve (1ros auxilios)	Marginal < \$10K	Leve	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna Lesion	Ninguna	Ningun Efecto	Ningun Impacto	0	N	N	N	N	PE N

Tabla 7 – Análisis de Valoración de riesgos

CALIFICACION DE LAS CONSECUENCIAS Y PROBABILIDAD		
PERSONAS:	0E	Ninguna lesión
ECONÓMICA:	1E	Ocurren acumulaciones progresivas de hidrocarburo en el skim pond (US 4.745)
AMBIENTAL:	3C	No hay impacto ambiental externo.
IMAGEN:	2C	Se reciben llamados de atención de parte de los vecinos de la refinería
CALIFICACION GENERAL DEL RIESGO E INTERPRETACION		
RIESGO MAS CRITICO	INTERPRETACION:	
	M	Por el mayor impacto que tendría la ocurrencia del incidente bajo condiciones más complejas.

Tabla 8 – Interpretación de la matriz de Valoración de riesgos

10.3 ANTECEDENTES

- ❖ El día 1 de Junio de 2004, se suspendió la operación del Separador API por falta de cupo en los TK'S de Slop (3103= 7260 mm 3104= 7800 mm; equivalentes a 5372 y 5772 barriles, respectivamente).
- ❖ TK 1008= 1183 (según medida manual)
- ❖ El TK 3103 estaba preparado para ser transferido hacia Refinería desde el día 24 de Mayo/04. Esta operación no se había hecho porque la línea de recibo del TK 1008 (10") estaba siendo utilizada con transferencia de crudo.
- ❖ Las Unidades de proceso operaban normalmente. Su sistema de Slop estaba alineado al Canal Sur por no haber tanque disponible para su recepción. No se presentaron emergencias en las unidades de proceso durante este periodo.
- ❖ Todos los equipos de bombeo en el Separador estaban disponibles.
- ❖ Los turnos de operaciones laboraban en jornadas de 8 horas; los relevos se realizaron en forma normal.

10.4 SECUENCIA DE EVENTOS

Junio 01 del 2004

- ❖ 14:00 a 15:00: Verificadas medidas TK 3103 y TK 3104. Tanques quietos, bloqueadas todas las válvulas al pie. Canal sur abundante HC. Bloque que comunica succión de GX-P-3 hacia canal sur cerrado. Se abrió succión y descarga de GX-P-3. Se cerró bloque que comunica línea de refinería con canal sur. Se mantuvo cerrado bloque que comunica línea de refinería a los tanques.
- ❖ 15:30 a 17:30: No se pudo realizar la transferencia por no tener disponibilidad del sistema de 10", por lo que se alinearon las plantas nuevamente al canal sur.
- ❖ 17:30 a 18:00: se recibió autorización para transferir y se volvió a cerrar el bloque refinería - canal sur, cerrando la válvula de la nueva línea de drenaje. Se inició transferencia del TK-3103=7260 mm al TK-1008=1183 mm con la GXP3. Luego se alineó la GX - P-2 a la succión del TK 3103 para aumentar la rata y desocupar más rápido el tanque. Se verificó que el nivel del TK 3103 había bajado a 7050 mm.
- ❖ 20:30: Inició gravitación TK-3104=7800 mm al TK 3103= 5200 mm; no existe registro del nivel del TK-1008.
- ❖ 21:30: Finalizó gravitación TK-3104=6400 mm al TK 3103= 4200 mm
- ❖ 22:30: Ronda de operador. afirma no haber detectado olor. Presión de descarga de GXP3 = 35 psi

Junio 02 del 2004

- ❖ 00:00: Se registraron en el SIO los niveles de los tanques correspondientes al corte de fin de día. El nivel del TK

3103=5550. El nivel registrado en el TK 1008 es aproximado a la disminución de volumen del TK 3103 hasta ese momento.

- ❖ 00:30 a 01:00: U-100. Revisión de área por olor a gasolina. Se encontraron sumergidas las canoas del separador. Se encontró abierta la válvula que comunica la descarga de la GXP3 con el sistema nuevo de drenaje del TK 3104 hacia el canal sur y se cerró. El operado alineó todo el equipo de bombeo en función de evacuar todo el slop en el menor tiempo posible.
- ❖ 04:00: El nivel del TK 1008 no fue controlado en la ronda de fin de turno.
- ❖ 06:30: Se encontró la GXP1 y la GXP2 bombeando del separador hacia los dos tanques y al mismo tiempo, se mantenía la transferencia del TK 3103 hacia refinería.

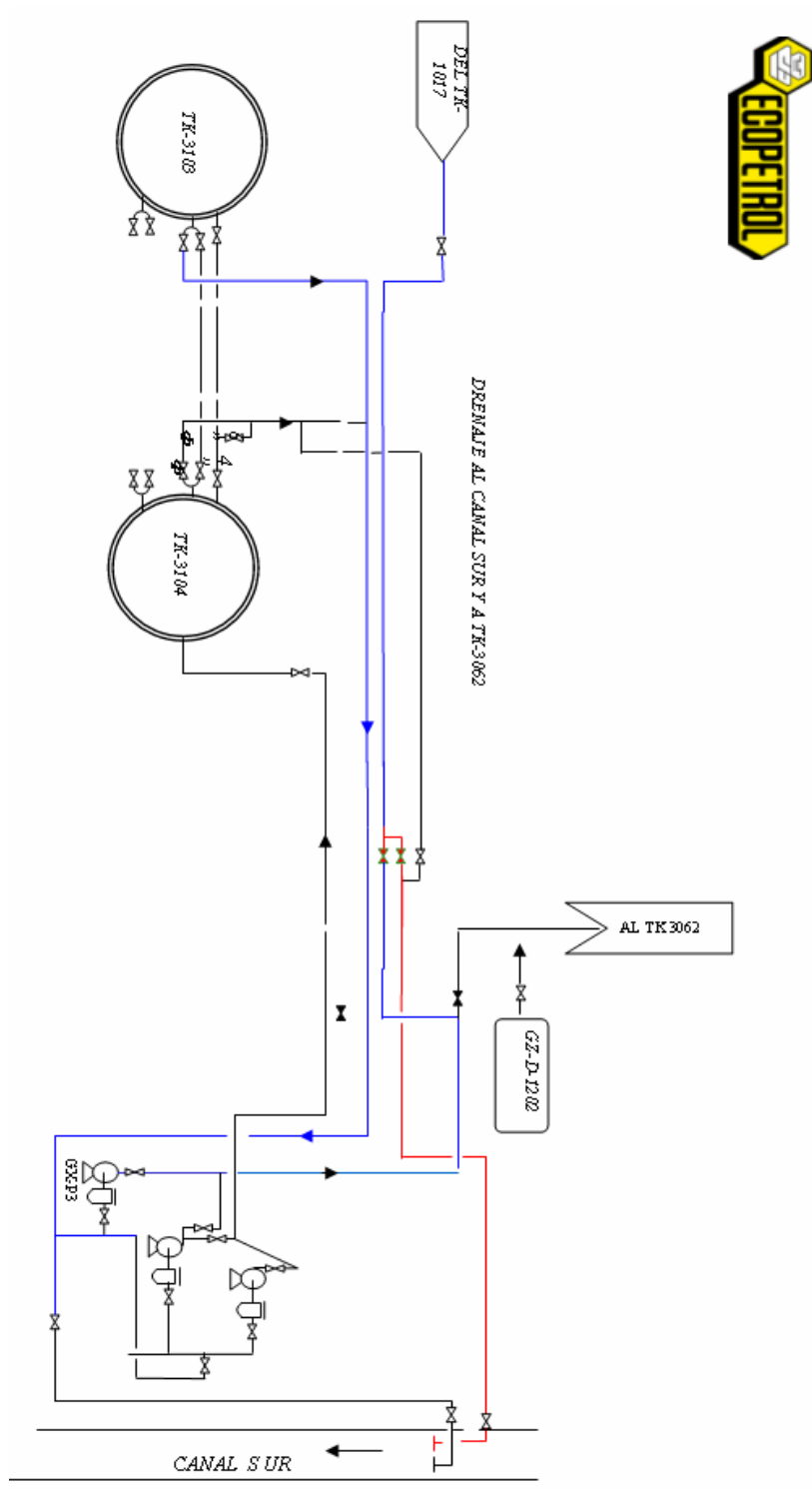


Figura 3 – Vista de planta del sistema de drenaje al canal sur del separador U-100

10.5 APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE ANALISIS SISTEMATICO DE CAUSAS

A continuación se aplica el software de técnicas de análisis sistemático de causas de accidentes / incidentes:

The screenshot shows the 'Técnica de Analisis Sistemático de Causas (TASC)' software interface. At the top, the title 'Técnica de Analisis Sistemático de Causas (TASC)' is displayed in green. Below the title, there is a section for 'Descripción del Accidente o Incidente' with a text box containing 'SOBRECARGA DE HIDROCARURO EN SEPARADOR API Y SKIM POND'. The main section is titled 'EVALUACION DEL POTENCIAL' and contains several input fields and buttons. The 'Severidad del Potencial de Perdida' field is set to 'C', 'Probabilidad de Recurrencia' is set to 'B', and 'Frecuencia de Exposicion' is set to 'B'. Below these are three descriptive boxes: 'Leve.- Lesion menor sin perdida de tiempo,', 'Moderada.- Probabilidad de recurrencia a fa', and 'Moderada.- Moderado numero de personas'. The 'TIPO DE CONTACTO' field is set to '11' with the description 'Derrame / escapes al ambiente'. The 'CAUSAS INMEDIATAS DIRECTAS (CI)' field is set to '3' with the description 'Falta de asegurar'. The 'CAUSAS BASICAS RAIZ (CB)' field is set to '22' with the description 'Falla de memoria'. The 'NECESIDADES DEL SISTEMA' field is set to '77' with the description 'Análisis de las Necesidades de Entrenamiento'. At the bottom, there are buttons for 'Aceptar', 'Cancelar', and 'Salir', along with 'Imprimir', 'Pantalla', and 'Archivo'.

Figura 4 – Aplicación del Software de la Técnica de Análisis Sistemático de Causas

10.6 VALORIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR VERTIMIENTO DE HIDROCARBURO EN SEPARADOR API Y UNIDAD 100

Después de percibirse, durante la mañana del 1 de Junio, persistente olor a hidrocarburo en el área de refinería, y luego de inspección al STAR, se observa gran cantidad de hidrocarburo (HC) en el Canal Sur, Cámaras 1 a 4 del Separador, Canal de Homogeneización y, Cámaras 1 y 5 del Skim Pond. Se estima que el camión de vacío recolecto alrededor de 400 Bbl sólo en el canal de Homogeneización.

Según la matriz RAM este incidente tiene una valorización M por ambiente. De acuerdo con el flujo promedio del sistema de tratamiento residual, el incidente descrito implica un potencial envío de más de 50 Bbl/min hacia la bahía, cantidad que sobrepasa en más del 200% de la capacidad de tratamiento de HC del sistema, y en más del 300% el nivel permitido por la autoridad ambiental para hidrocarburos. Adicionalmente el efecto del SLOP sobre la ruta metabólica de las bacterias nativas, presente en el canal abierto después del *Skim Pond*, sería inhibir la biodegradación fenólica del fluido residual del STAR, incrementando los niveles de Fenol acerca de 4 ppm.

10.7 CALCULO PÉRDIDA PRODUCTO DEL TK-3103 AL SEPARADOR

A continuación se detalla el cálculo de la pérdida de producto del TK-3103 hacia el separador U-100.

Se valoraron 1,576 barriles de Slop de composición: 4% Vol. de gases, 12% Vol. de Nafta, 30% Vol. de medios, 27% Vol. de Gasóleos y 25% Vol. de Fondos.

Los precios que se utilizaron fueron los siguientes:

- Gases: US \$ 21.4/Barril. Como GLP local.
- Nafta: US \$ 42.7/Barril. Como Nafta Virgen de exportación.
- Medios: US \$ 25.4/Barril. Como ACPM local.
- Gasóleo: US \$ 38/Barril.
- Fondos: US \$ 25/Barril. Como Fuel exportación.

Todos los precios corresponden al mes de Junio/2004. Se consideró una recuperación del 90% en volumen del producto. La pérdida es de 4,745 dólares.

10.8 RECOMENDACIONES

- ❖ Agilizar la entrega de un tanque para manejo de slop de refinería (TK-1017), así como la rehabilitación del sistema “Gum Barrel” de acuerdo con las recomendaciones del RCA respectivo.
- ❖ Finalizar la divulgación del proceso de cambio de planta, de manera que se garantice la actualización de los procedimientos, documentos y planos del sistema de manejo de slop.
- ❖ Colocar ayudas para las operaciones críticas, especificando sentido de flujo, planos, producto y facilidades.
- ❖ Se deben establecer los parámetros máximos y mínimos para el manejo de los inventarios de slop en el separador, que garanticen el manejo óptimo de los inventarios.
- ❖ Exigir la ejecución y reporte de las rondas estructuradas establecidas en el área.
- ❖ Garantizar la reparación de los hallazgos identificados en la ronda mensual de iluminación, mediante la generación y ejecución de las O.T.(generar O.T. para la situación actual).
- ❖ Emitir recomendación para el manejo de slop, tomando en cuenta el uso del TK-3017 para IFO, TK-1005 para crudo y limitación de línea de 10" para el TK-1008.
- ❖ Retomar la práctica de evaluaciones periódicas al personal en las distintas áreas para garantizar actualización en procedimientos operativos. Estas evaluaciones deben servir para reforzar el desempeño del operador (entrada de la guía de entrenamiento).

- ❖ Programar capacitación y actualización en la operación del Separador a todo el personal de MPP, con énfasis en el manejo de slop.
- ❖ El supervisor de refinería registrar claramente en su informe hacia donde esta alineado el slop de las plantas.
- ❖ Garantizar la reparación de los hallazgos identificados en la ronda mensual de iluminación, mediante la generación y ejecución de las O.T.(generar O.T. para la situación actual).
- ❖ Emitir recomendación para el manejo de slop, tomando en cuenta el uso del TK-3017 para IFO, TK-1005 para crudo y limitación de línea de 10" para el TK-1008.
- ❖ Programar capacitación y actualización en la operación del Separador a todo el personal de MPP, con énfasis en el manejo de slop.

10.9 LECCIONES APRENDIDAS

- ❖ La divulgación y registro de procedimientos establecidos, junto con el respectivo entrenamiento en campo, contribuye a que la operación se realice en forma segura.
- ❖ El uso de equipos que se encuentren en condiciones subestandar (TK-1008), aumenta la probabilidad de que se presenten fallas.
- ❖ La no ejecución en forma ágil, oportuna y eficaz, de las recomendaciones y lecciones aprendidas de los análisis de causa raíz previos (RCA TK-3062), constituyen un riesgo de que se presenten nuevos incidentes.
- ❖ El manejo inadecuado de los inventarios de slop en el Separador, condujo a realizar maniobras de manera apresurada, generando estas situaciones de emergencia.

- ❖ Las transferencias de slop programadas y controladas, de acuerdo con las guías de control para el manejo de los inventarios, reducen el riesgo de generación de incidentes.
- ❖ La actualización en la capacitación y entrenamiento del personal en los sistemas de proceso, debe ser una práctica mandataria cuando se realizan cambios en planta y modificaciones en la disponibilidad de sistemas por mantenimiento y proyectos.
- ❖ La marcación de sistemas, las señales de advertencia y la publicación de Check List, previenen descuidos u olvidos causantes de incidentes.
- ❖ Antes del inicio de cualquier operación, se debe realizar una revisión completa del sistema. Esta revisión debe incluir como mínimo: Verificación del estado de los componentes, en especial equipos, posicionamiento de válvulas y alineamiento del sistema. Verificar modificaciones y novedades Registro de hallazgos en formato ronda estructurada. Utilización de listas de chequeo.
- ❖ El cumplimiento de la entrega de turno, tal como lo establece el procedimiento, contribuye al éxito en las operaciones en curso.
- ❖ Las rondas estructuradas, constituyen una herramienta que ayuda a identificar situaciones subestándar y evita dejar a la memoria, condiciones que pueden generar graves incidentes.

INTRODUCCION

La investigación de accidentes/incidentes trata de una técnica de análisis que tiene como objetivo determinar las causas que los originaron, para eliminarlas o controlarlas mediante acciones preventivas, que eviten su repetición o la aparición de consecuencias más graves. Su importancia radica en la información que nos proporcionan sobre riesgos no identificados o bien no controlados correctamente. Desde el punto de vista de la gestión preventiva deben investigarse tanto los accidentes como los incidentes (accidentes que no generan lesiones o pérdidas); en el caso de los accidentes porque es un imperativo legal, y en el caso de los incidentes porque a partir de su estudio identificamos situaciones de riesgo sobre las que actuar. La profundidad de la investigación dependerá en gran parte de los hechos que la motiven,

pudiendo realizar el cumplimiento de una encuesta, o bien necesitar de personal especializado.

El análisis causa raíz es una forma de identificar la causa última de un problema, a menudo es realizado al hacer una serie de preguntas ¿Por qué?. De esta forma, se debe preguntar “por qué” existe un problema, entonces se obtendrán mas causas o eventos. Para cada una de ellas se deberá preguntar “por qué” otra vez. Si es posible contestar la pregunta una nuevamente, entonces probablemente se trate de un síntoma de una causa mas fundamental. Este proceso deberá continuar hasta que no sea posible dar una respuesta lógica. Este nivel mas bajo es típicamente la causa raíz y, es lo que genera los síntomas observados. Puede descubrir más de una causa raíz a través de este análisis. Luego de haberse identificado la(s) causa(s) raíz, se deberá elaborar un plan para resolverlas y los síntomas deberán de desaparecer una vez concluido el plan de acción.

RECOMENDACIONES

- ❖ El ingeniero de mantenimiento como responsable de la puesta en marcha de este modelo informático o software de la técnica de análisis de causa raíz de accidentes / incidentes en el mantenimiento industrial, debe basarse en conocimientos adjuntos en esta monografía, para así concluir con los objetivos deseados, con la ayuda esta herramienta.

- ❖ El objetivo de este software debe buscar la ultima causa raíz de un accidente / incidente en una organización, para luego retomar acciones correctivas, mas no para buscar culpables.

- ❖ Se recomienda hacer un acto comparativo del software de esta técnica, con respecto a la forma como se aplicaba anteriormente, para hacer necesario de que se reflejen las mejoras en la actual ejecución y este permanezca en un proceso de mejoramiento continuo.

CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este trabajo de monografía se ha diseñado y aplicado una solución informática para el análisis de causa raíz de accidentes / incidentes en el mantenimiento de las industrias en general.

El anterior trabajo se ha realizado con pautas enseñadas en el Minor de Mantenimiento Industrial y es muy gratificante poner en práctica todo lo aprendido a través de la realización del mismo; ya que se tomo como ejemplo de aplicación, un incidente que ocurrió en las instalaciones de la refinería de ECOPELROL S.A. de Cartagena, y los resultados fueron satisfactorios; y por tanto, la empresa contará con la ayuda de esta solución informática, permitiendo así, mejorar el estudio de análisis de causa raíz.

Con esta herramienta se logró que en el proceso se puede asegurar, que la gente apropiada está consciente acerca del incidente y en consecuencia conducir la resolución del mismo tan pronto como sea posible.

BIBLIOGRAFIA

- ❖ Artículos suministrados por los ingenieros del Minor de Mantenimiento Industrial 2004.

Paginas Web

- ❖ www.dnv.com/about_us/index.asp
- ❖ <http://www.tenstep.com.mx/Paso4.htm>
- ❖ <http://www.solomantenimiento.com/articulos/analisis-causa-raiz.htm>
- ❖ <http://www.klaron.net/Articulos/articulo%20-%20Apollo.htm>
- ❖ <http://www.klaron.net/Articulos/articulo%20-%20el%20proceso%20de%20ACR.htm>
- ❖ <http://internal.dstm.com.ar/sites/mm/definiciones/default.asp>
- ❖ http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/rootcause/calidadprocesocausaraiz.htm
- ❖ <http://www.crea.es/guia/riesgo/r.html>
- ❖ <http://www.minem.gob.pe/administracion/legislacion/rm263-2001.pdf>
- ❖ www.monografias.com/trabajos14/saludocupacional/saludocupacional.shtml
- ❖ http://www.oitandina.org.pe/publ/peru/balsol/cap3_2.html