

**MANUAL PARA LA METODOLOGÍA ESTRUCTURADA DE ANALISIS DE  
CAUSA RAIZ (RCA) PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS.**

**JOSE FREDDY CALDERON LUGO  
ELQUIN FERNANDO PRADA TAPIEROS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2014**

**MANUAL PARA LA METODOLOGÍA ESTRUCTURADA DE ANALISIS DE  
CAUSA RAIZ (RCA) PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS.**

**JOSE FREDDY CALDERON LUGO  
ELQUIN FERNANDO PRADA TAPIEROS**

**Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: Hugo Andres Delgado  
Ingeniero Electromecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2014**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo fundamental para mi formación como profesional y como persona, me permitió por sobre todas las cosas aprender de los demás, escuchar muchos puntos de vistas, y que existe un espacio sin fin en conocimientos desconocidos por mí. En la medida en que he ido descubriendo cosas, los límites de mi mundo se van expandiendo cada vez más, y más, y en la medida en que voy experimentando tengo muchas cosas por aprender. Por todo esto y por los beneficios que me trajo este trabajo se lo dedico:

A Dios por ser mi amigo y por ayudarme a conseguir lo que me he propuesto.

A mi Madre Herminda Lugo, mi esposa Vanessa Fernández y Mi hija María Alejandra Calderon Fernández quienes son los seres que más amo, quienes me apoyaron incondicionalmente en todo momento, y que deseo transmitirles mis satisfacciones.

## **AGRADECIMIENTOS**

Para empezar agradezco inmensamente a Dios por ser el que me ha cuidado y ayudado al logro de mis objetivos a lo largo de mi vida.

Expreso una alta gratitud al Ing. Hugo Andres Delgado quien me apoyó en todo momento, y que me enseñó a ser constante en el trabajo para obtener un buen producto final.

También agradezco mucho el apoyo y atención recibida por parte de los ingenieros de Campo Toldado quienes me dieron la iniciativa de enfocar la tesis en análisis de causa raíz (RCA) quienes me ayudaron incondicionalmente durante el desarrollo del proyecto.

A todos muchas gracias!!!

## CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCION.....	13
<b>1. MARCO ORGANIZACIONAL.....</b>	<b>15</b>
1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA DE CAMPO TOLDADO PERTENECIENTE A LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES HUILA- TOLIMA SOH .....	15
1.2 RESEÑA HISTORICA DE MECANICOS ASOCIADOS .....	18
1.3 CULTURA ORGANIZACIONAL .....	19
1.3.1 Misión.....	19
1.3.2 Visión.....	19
1.4 UNIDADES DE NEGOCIO.....	19
1.4.1 Operación y Mantenimiento.....	19
1.4.2 Proyectos y Construcciones.....	20
1.4.3 Servicios Industriales.....	20
1.4.4 Consultoría. AMS GROUP.....	20
1.4.5 Facilidades Temporales.....	20
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.6 OBJETIVO GENERAL .....	21
1.7 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	22
1.8 JUSTIFICACION .....	22
<b>2 MARCO TEORICO.....</b>	<b>22</b>
2.1 Qué es el RCA .....	20
2.2 Cuando se emplea el RCA.....	20
2.3 Por qué utilizar el RCA.....	23
2.4 Clasificación de las Fallas.....	24
2.5 Metodología del RCA .....	24
2.5.1 Paso 1: Identificar los Eventos más Significantes .....	24
2.5.2 Paso 2: Preservación de las Evidencias de las Fallas.....	25
2.5.3 Paso 3: Ordenar el Análisis.....	25
2.5.4 Paso 4: Análisis – Árbol lógico de Falla.....	26
2.5.5 Paso 5: Comunicación de los Resultados y las Recomendaciones .....	27
2.5.6 Paso 6: Seguimiento a los Resultados .....	28
<b>3 GUIA PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION DE RCA.....</b>	<b>28</b>
3.1 Condiciones Generales.....	30
3.2 Desarrollo de la Metodología RCA.....	31
3.2.1 FASE I: Reporte de Incidente o Malos Actores .....	32
3.2.1.1 Paso 1: Reporte de Incidentes .....	30
3.2.1.2 Paso 2: Jerarquización de Incidentes o Malos Actores .....	30
3.2.1.3 Paso 3: Matriz de Riesgos para Análisis de Causa Raíz.....	33
3.2.2 FASE II: Análisis del Problema.....	31
3.2.2.1 Paso 1: Identificación del Problema.....	34
3.2.2.2 Paso 2: Descripción del Problema.....	35
3.2.2.3 Herramientas:.....	35
3.2.2.4 Herramienta: Recolección de Datos .....	35
3.2.2.5 Herramientas: Lluvia de Ideas .....	36
3.2.2.6 Herramienta: Diagrama de Relación.....	36
3.2.2.7 Herramienta: Línea de Tiempo .....	37
3.2.2.8 Herramienta: Modelo de Cambio .....	37

3.2.2.9 Herramienta: Diagrama de Pareto .....	38
3.2.2.10 Herramienta: Enunciado del Problema .....	38
3.2.2.11 Herramienta: Existe / No Existe .....	39
3.2.2.12 Herramienta: Análisis de Precisión .....	40
3.2.3 FASE III: ANALISIS DE CAUSA RAIZ .....	41
3.2.3.1 Generalidades .....	41
3.2.3.2 PASO 5: Análisis de Causas Posibles .....	42
3.2.3.3 PASO 6: Validación de Datos .....	42
3.2.3.4 PASO 7: Verificación de Causa .....	40
3.2.3.4.1 HERRAMIENTAS: Generalidades.....	45
3.2.3.4.2 HERRAMIENTA: Método de la escalera (5 POR QUÉS?).....	46
3.2.3.4.3 HERRAMIENTA: Análisis de Árbol .....	47
3.2.3.4.4 HERRAMIENTA: Análisis de Cambio .....	48
3.2.3.4.5 HERRAMIENTA: Diagrama Espina de Pescado (Causa y Efecto).....	48
3.2.3.4.6 HERRAMIENTA: Árbol Lógico de Fallas.....	49
3.2.3.4.7 HERRAMIENTAS: Lista de Verificación de la Interrelación Humana/ Sistemas.....	50
3.2.4 FASE IV: DESARROLLO DE LA SOLUCION .....	53
3.2.4.1 Generalidades .....	53
3.2.4.2 PASO 8: SELECCIÓN DE CRITERIOS.....	54
3.2.4.3 PASO 9: ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....	54
3.2.4.4 PASO 10: Identificación de la Decisión.....	55
3.2.4.5 PASO 11: ANÁLISIS DE LA DECISIÓN .....	55
3.2.4.5.1 HERRAMIENTAS: GENERALIDADES.....	56
3.2.4.5.2 HERRAMIENTA: Plantilla de Selección .....	56
3.2.4.5.3 HERRAMIENTA: Galería de Ideas para Obtener Soluciones.....	57
3.2.4.5.4 HERRAMIENTA: Planeación de la Prevención.....	58
4. PLANTILLA PARA PRESENTAR EL INFORME FINAL .....	60
5. EJEMPLO PARA LA IMPLEMENTACION DEL RCA.....	73
6. CONCLUSIONES .....	90
BIBLIOGRAFIA .....	91

## LISTA DE FIGURA

Figura 1. Ubicación geográfica de la Coordinación de Producción Tolima .....	16
Figura 2. Indicadores de gestión de mantenimiento SOH.....	21
Figura 3. Análisis Pareto de los eventos y fallas más significantes .....	24
Figura 4. Árbol lógico y principios de un RCA.....	26
Figura 5. Metodología RCA .....	28
Figura 6. Equipo investigador del incidente .....	29
Figura 7. Diagrama eliminación de defectos .....	30
Figura 8. Fases de la metodología para el RCA .....	31
Figura 9. Matriz evaluación de criticidad.....	34
Figura 10. Línea del tiempo de eventos .....	37
Figura 11. Aspectos para llegar a la Causa Raíz.....	41
Figura 12. Identificación de las Causas .....	43
Figura 13. Validación de las Causas.....	44
Figura 14. Diagrama causa efecto .....	45
Figura 15. Causas cercanas por que .....	46
Figura 16. Árbol de análisis .....	47
Figura 17. Diagrama Causa Efecto.....	48
Figura 18. Árbol lógico de Fallas.....	49

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Existe / no existe .....	39
Tabla 2. Tablas TACS Interrelación humana / Sistemas .....	50
Tabla 3. Plantilla de selección de alternativas.....	57

## RESUMEN

**TITULO: MANUAL PARA LA METODOLOGÍA ESTRUCTURADA DE ANALISIS DE CAUSA RAIZ (RCA) PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.**

**AUTORES: JOSE FREDDY CALDERON LUGO  
ELQUIN FERNANDO PRADA TAPIEROS**

### PALABRAS CLAVES:

Análisis de causa Raíz, Reporte de Incidentes, Identificación del Problema, Árbol lógico de Fallas, Plantillas presentación del informe.

### DESCRIPCION:

El siguiente proyecto es un compilado de la metodología estructurada de Análisis de Causa Raíz (RCA) para la solución de problemas en los equipos en general de la Coordinación de Producción Tolima para la eliminación de las fallas que están generando el incumplimiento del contrato respecto a diferidas (paradas de equipos) que impiden la continuidad del proceso de producción.

En el proceso de aplicación de la metodología RCA Análisis de Causa Raíz para la Solución de problemas se desarrolla a través de cuatro fases, subdivididas en 11 pasos, las cuales ayudan a identificar las verdaderas causas y efectos que condujeron a los eventos indeseados, también ofrece acciones mejorativas para que no se vuelva a repetir las falla y la implementación de mejores prácticas para el correcto funcionamiento de los equipos.

Se incluye una plantilla para la entrega de informes, siendo una herramienta de trabajo esencial con el propósito de transmitir información y facilitar la toma de decisiones y seguimiento de las acciones para tener la continuidad del proceso.

Del proceso de aplicación de la metodología RCA, surgieron recomendaciones tendientes a la eliminación definitiva de la falla en los equipos con las cuales se busca que el problema no se vuelva a repetir, para estas últimas se construyó un plan de seguimiento que contiene acciones mejorativas, actividades, metas e indicadores que permitan ejercer un mayor control sobre los procedimientos sugeridos para la solución adecuada del problema presentado.

---

\*Trabajo de grado.

\*\* Facultad de Ingeniería físico-Mecánico. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Hugo Delgado.

## SUMMARY

### **TITLE: MANUAL FOR STRUCTURED METHODOLOGY OF ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA) FOR TROUBLE.**

**AUTHORS:** JOSE FREDDY CALDERON LUGO  
ELQUIN FERNANDO PRADA TAPIAS

**KEY WORDS:** Root Cause Analysis, Incident Reporting, Identifying the Problem, Fault Tree Mapping, presentation of report templates.

#### **DESCRIPTION:**

The next project is a compilation of structured methodology Root Cause Analysis (RCA) for the solution of problems in the general equipment Production Coordination Tolima to eliminate the flaws that are causing the breach of contract regarding deferred (stops equipment) that prevent the continuity of the production process.

In the process of applying the methodology RCA Root Cause Analysis for Troubleshooting develops through four stages, divided into 11 steps, which help to identify the true causes and effects that led to unwanted events, also offers meiorativas actions so it will not repeat again fails and the implementation of best practices for the proper functioning of the equipment.

A template for the delivery of reports, one essential tool in order to transmit information and facilitate decision-making and monitoring of efforts to have the continuity of the process.

RCA methodology process, emerged recommendations aimed at the ultimate elimination of the fault in the teams which seeks that the problem does not become repeat, for these last built a monitoring plan containing meiorativas actions, activities, goals and indicators that allow us to exert greater control over the procedures suggested for the solution of the problem presented.

---

\*Degree Work

\* Faculty of physics and Mechanical. Engineer School of Mechanical Engineer. Director: Hugo Delgado.

## INTRODUCCIÓN

La Ingeniería de Mantenimiento ha evolucionado desde sus inicios sufriendo grandes cambio a lo largo del desarrollo industrial a través del tiempo, proviniendo desde una cultura reactiva de preservación de la integridad del activo enfocado en la atención de correctivos, hasta convertirse en uno de los pilares estratégicos de los negocios mostrándose como una inversión que en corto, mediano y largo plazo implicaran una rentabilidad financiera mayor al optimizar la condición de los activos garantizando así un incremento en la producción de bienes y servicios reduciendo los costos de Operación & Mantenimiento.

Debido a este concepto que actualmente Ingeniería Mecánica tiene como pilares y uno de ellos es el Análisis de Causa Raíz RCA que consta de dos secciones, la primera es el conocimiento de la técnica como metodología para la búsqueda e investigar fallas recurrentes o esporádicas en los equipos. En una técnica que determina la causa raíz para conseguir mejoramientos en los sistemas y procesos, de esta manera disminuir las perdidas por daños de equipos. El segundo punto es modelar un proceso o planta usando todos los análisis de las fallas para estructurar una jerarquía de fallas enlazada con los flujos de los proceso, creando una librería de fallas aplicable a cualquier tipo de procesos, para finalmente llegar a listas de chequeo donde están las hipótesis y las evidencias de los hallazgos en forma de checklist o listados de diagnostico que permiten rapidez y experiencia en los análisis de las fallas.

En este contexto, MASA S.A.S es una empresa dedicada a la prestación de servicios de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad que desarrolla sus actividades de Operación & Mantenimiento en diferentes regiones del país, especialmente en la Gerencia Regional Sur SOH de Ecopetrol S.A.

En el desarrollo del proceso teórico practico en MASA se tiene como propósito implementar la Metodología Análisis de Causa Raíz (RCA) a los equipos que impacten la seguridad de las personas, el proceso y el medio ambiente de acuerdo al diagrama de Pareto que se tiene estipulado en la Coordinación de Producción Tolima, con el objeto de encontrar las verdaderas causa del problema y poderle suministrar informe detallados a la alta gerencia para la toma de decisiones en la solución de los problemas.

En el primer capítulo se encuentra el marco organizacional, donde se presenta la ubicación geográfica de Campo Toldado, la reseña histórica de la compañía MASA, las líneas de negocio, la descripción del planteamiento del problema y los objetivos del proyecto.

En el capítulo II se encuentra el marco teórico que describe los lineamientos teóricos y conceptuales que orientan el proceso práctico de forma detallada en cuatro fases y once pasos de Análisis de Causa Raíz para la solución de problemas, así como definir términos y herramientas comunes para aplicar esta metodología y solucionar problemas a través de la eliminación de las causas.

Posteriormente, en los siguientes capítulos se muestra la estandarización de la guía, la plantilla para la entrega de informes finales y aplicabilidad de la metodología de Análisis de Causa Raíz que ayudará a la compañía la eliminación las fallas y tener mayor rentabilidad.

## **MARCO ORGANIZACIONAL**

### **1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA DE CAMPO TOLDADO PERTENECIENTE A LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES HUILA- TOLIMA SOH**

Campo Toldado perteneciente a la Superintendencia de Operaciones Huila Tolima SOH con ubicación en Colombia, sur oriente del Tolima, Municipio de Ortega Tolima, vereda Pocará fue descubierto mediante la perforación del pozo Toldado-01 en diciembre de 1987, el cual fue completado en enero de 1.988, y hasta la fecha se han perforado 8 pozos de los cuales 7 son productores de petróleo, y un actualmente un pozo como disposa (Toldado 05). La producción inicial del campo fue de 2600 BOPD, de 20°API. Por el área del CPI, se perfora el pozo Ortega 01, en 1951, y tuvo una producción inicial de 450 BOPD a 29° API. Luego entre las décadas del 50, 60 y 70 se fueron perforando los pozos desde Ortega 02 hasta el Ortega 15. El campo es operado por Ecopetrol hasta febrero del 2001. El 18 de diciembre de 2000 se firma entre Ecopetrol y Hocol el Contrato de Producción Incremental área Ortega (CPI Ortega). En marzo de 2001 entra a operarlo Hocol hasta julio de 2002, y nuevamente en agosto la operación de campo Toldado la toma Ecopetrol contratando el servicio de Operación & Mantenimiento con la empresa Mecanicos Asociados S.A.S

Figura 1. Ubicación geográfica de la Coordinación de Producción Tolima







Fuente: Ecopetrol S.A. Presentación de la Coordinación de Producción Tolima. Diapositiva Ortega 2013. 6 diapositivas.

## 1.2 RESEÑA HISTORICA DE MECANICOS ASOCIADOS

“La empresa Mecanicos Asociados S.A.S MASA nació en el departamento del Huila en 1983, como respuesta a las oportunidades que ofrecía el sector petrolero en la región. Desde entonces ha trabajado con decenas de clientes en las industria de petróleo y gas, minería, petroquímica y energía, construyendo relaciones a lo largo del tiempo. Todo esto le otorga el conocimiento y la

experiencia para ser socios estratégicos de sus clientes y seguir agregando valor a través del pensar y el hacer”<sup>1</sup>.

MASA es una empresa colombiana líder en la prestación de servicios integrales para el sector petrolero, de minería y energía, constituida hace más de 25 años y con 100% capital Holandés gracias a su integración con la firma **Stork Technical Services** desde el año 2007. Con presencia en varios países en Suramérica y un respaldo internacional en tres continentes, acompañamos a nuestros clientes a pensar y a hacer una gestión integral de sus activos, de la manera más confiable, segura y productiva. Cuenta con más de 4000 colaboradores a lo largo y ancho de Colombia comprometidos con el progreso de nuestro país, de la región y de nuestros clientes; aplicando en todo lo que hacemos los más altos estándares de seguridad, gestión de riesgos y responsabilidad social.

### 1.3 CULTURA ORGANIZACIONAL

La cultura organizacional de Mecanicos Asociados resume la estrategia a alcanzar en los próximos años de acuerdo a las siguientes metas.

**1.3.1 Misión.** Agregar valor a nuestros clientes ofreciendo soluciones integrales de gestión de activos, comprometidos con el progreso de nuestros colaboradores, y con los más altos estándares de seguridad, gestión de riesgos y responsabilidad social corporativa.

**1.3.2 Visión.** Ser en 2016 una organización emprendedora, ágil, con el mejor talento humano y socio estratégico de preferencia de nuestros clientes, alcanzando un crecimiento en ventas del 21% en los sectores industriales intensivos de capital en Latinoamérica y el Caribe.

---

<sup>1</sup>MASA. Estrategia. [Consultado 18 septiembre 2013] disponible <<http://66.7.213.152/todopetroleo/resultadosscl.asp?id=24>>

### 1.4 UNIDADES DE NEGOCIO

La compañía cuenta con cinco unidades de negocio como propuesta de valor para ofrecer a los clientes.

**1.4.1 Operación y Mantenimiento.** Masa ofrece servicios de operación y mantenimiento incorporando metodologías categorizadas como lo mejor en su clase en gestión de activos. Contamos con estándares de calidad que

garantizan mejoras operacionales, confiabilidad e incrementos en productividad para nuestros clientes. Nuestra experiencia comprende servicios integrales de O&M, estableciendo alianzas estratégicas con nuestros clientes en la que tomamos la responsabilidad por la productividad de las operaciones y contratos por tareas de mantenimiento.

**1.4.2 Proyectos y Construcciones.** Contamos con experiencia en la realización de proyectos desde su concepción hasta su puesta en marcha, garantizando altos estándares de calidad y eficiencia durante su ejecución. Nuestro diferenciador está en el cubrimiento de todas las disciplinas; civil, mecánica, tubería, eléctrica, control e instrumentación, entre otros.

**1.4.3 Servicios Industriales.** Integramos todo nuestro conocimiento, destrezas y portafolio para analizar problemas, diseñar, construir, operar, mantener y financiar soluciones que mejoren en el negocio básico del cliente. Con esto buscamos incrementar sus resultados, mediante la optimización de procesos complementarios, tales como: tratamiento de gas suministro de energía eléctrica con alta seguridad, disponibilidad y confiabilidad.

**1.4.4 Consultoría.** AMS GROUP es nuestra empresa de consultoría en gestión de activos físicos, dedicada a facilitar un desempeño sostenible a empresas en las industrias de petróleo y gas, petroquímica, energía, minería y otros sectores intensivos en activos. Entregamos un portafolio integral de soluciones de gestión de activos, ayudamos a nuestros clientes a optimizar los procesos que son fundamentales para la operación efectiva de sus plantas y para extender la vida productiva de sus activos.

**1.4.5 Facilidades Temporales.** En MASA sabemos que para el desarrollo de sus campos, nuestros clientes requieren facilidades temporales de superficie y para ello contamos con activos productivos móviles portátiles, disponibles para su operación y/o alquiler donde quiera que los necesiten. Se cuenta con bombas para inyección de fluidos, set de equipos para well testing.

## 1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema básico que se presenta en la empresa MASA es el no cumplimiento de los indicadores mensuales de mantenimiento como diferida de producción y disponibilidad de equipos críticos pactado en el contrato entre el Cliente y

Mecanicos Asociados S.A.S para la Superintendencia de Operaciones Huila Tolima SOH (Figura 2) , se ha determinado que no se tiene una metodología efectiva de RCA que mitigue las fallas similares en los equipos para la extracción, recolección, tratamiento y venta de crudo al OAM, por lo que las paradas de los equipos origina una pérdida de capacidad de producción > 0.6% de la producción total del mes generando penalizaciones en el contrato.

Figura 2. Indicadores de gestión de mantenimiento SOH

CLASE DE INDICADOR	INDICADOR	ZONA	INDICADORES	CAMPO	Promedio 2011	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE		
Desempeño	Diferida (Porcentaje)			DINA	2358.08	1538	3164	2565	1464	691	1228	1652	1973	991		
				TELLO	1099.75	309	507	507	3592	828	1057	1983	1030	640		
				TOLDADO	437.33	39	237	237	404	635	1396	407	186	323		
		Penalización	>0,6%	DINA	0.47%	0.41%	0.81%	0.53%	0.32%	0.15%	0.28%	0.36%	0.45%	0.24%		
		Corredor Admisible	0,25% - 0,6%	TELLO	0.61%	0.46%	0.33%	0.92%	2.13%	0.45%	0.61%	1.11%	0.61%	0.37%		
		Bonificación	<0,25%	TOLDADO	0.67%	0.08%	0.44%	1.01%	0.63%	0.90%	2.30%	0.65%	0.24%	0.44%		
Desempeño	Disponibilidad			SOH	0.52%	0.39%	0.66%	0.67%	0.79%	0.31%	0.55%	0.58%	0.47%	0.30%		
		Penalización	< 98%	DINA	99.32%	98.02%	97.99%	99.58%	99.48%	99.73%	99.63%	99.55%	99.47%	99.44%		
		Corredor Admisible	98,0 - 99,0%	TELLO	96.04%	97.66%	97.16%	97.46%	97.38%	97.98%	97.61%	97.03%	98.83%	97.42%		
		Bonificación	> 99,0%	TOLDADO	99.16%	99.84%	96.80%	99.33%	99.48%	99.25%	99.05%	99.60%	99.82%	99.76%		
				SOH	98.53%	98.10%	97.68%	99.05%	98.97%	99.15%	98.98%	98.91%	99.34%	98.95%		
		Desempeño	Hseq (LTIF/Mensual)			DINA	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				TELLO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
				TOLDADO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Penalización	>1.87			SOH MENSUAL	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Desempeño	Hseq (LTIF/año)					DINA	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
						TELLO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				TOLDADO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
				SOH AÑO	4.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Medio	Indice Mano de Obra Por Mantenimiento preventivo (Relacion de Mantenimiento Reactivo/Correctivo)	Limite	<85%	DINA	87.76%	90.88%	85.81%	97.53%	95.03%	96.53%	91.48%	85.53%	86.05%	88.39%
				Limite	<85%	TELLO	88.56%	84.67%	86.02%	82.00%	79.68%	87.71%	94.80%	90.51%	90.13%	83.61%
Limite	<85%			TOLDADO	89.53%	86.82%	95.83%	95.76%	98.59%	93.97%	88.36%	75.34%	80.43%	83.04%		
Limite	<85%			SOH	88.13%	89.16%	86.80%	93.25%	91.12%	93.90%	92.01%	85.63%	86.45%	86.43%		
Medio	Backlog por especialidad (Cumplimiento de la Programación - Documentación OT)	Limite	<90%	DINA	90.19%	87.93%	82.04%	76.62%	84.71%	75.93%	69.93%	72.60%	68.97%	86.89%		
		Limite	<90%	TELLO	91.00%	81.24%	86.50%	85.38%	88.53%	86.40%	85.41%	83.39%	88.30%	88.94%		
		Limite	<90%	TOLDADO	87.83%	88.79%	82.59%	89.81%	82.63%	61.36%	83.16%	84.54%	91.94%	97.01%		
		Limite	<90%	SOH	90.17%	86.53%	83.16%	79.96%	85.59%	77.41%	75.63%	76.91%	76.90%	88.68%		
Medio	Derrames Hidrocarburos por Falla Operacionales (Volumen de	Limite	<0 bis/mes	TELLO		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Limite	<0% bis/mes	TOLDADO		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
CONCLUSION COMPENSACION POR DESEMPEÑO DEL MES				DINA												
				TELLO												
				TOLDADO												

Fuente: Masa. Indicadores de contrato. Gestion Gerencial 2011.

## 1.6 OBJETIVO GENERAL

Proponer de forma detallada una guía para la aplicación de la Metodología del proceso estructurado Análisis de Causa Raíz (RCA) para la solución de problemas y poder cumplir con los indicadores gestión de mantenimiento de forma unificada en Campo.

## **1.7 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Emplear la Estrategia Metodológica basada en RCA que regule la implementación, ejecución y seguimiento del proceso como procedimiento efectivo en la investigación de eventos.
- ✓ Entregar una guía única para aplicar la Metodología de la Investigación de Análisis de Causa Raíz que permita la mitigación de las verdaderas fallas.

## **1.8 JUSTIFICACION**

Con la utilización de la Metodología de la RCA, busca mitigar las pérdidas de producción “diferidas >0.6 %” equivalente a 5000 barriles mes, la producción promedio mes del campo es 78.000 barriles, además del impacto económico en la penalización del contrato por el no cumplimiento de los indicadores de mantenimiento es de treinta millones de pesos mensuales (30.000.000) siendo este el principal motivo para la aplicar esta Metodología de forma unificada en Campo Toldado. Con una adecuada utilización de la Metodología de RCA permitirá determinar acciones concretas con el fin de disminuir las diferidas de producción por las paradas inesperadas de los equipos del proceso de extracción, recolección, tratamiento y venta de crudo en la Coordinación de Producción Tolima.

## **2 MARCO TEORICO**

Con este argumento se pretende mostrar cómo se puede modelar de confiabilidad basado en análisis de falla. Consta de dos secciones, la primera es el conocimiento de la técnica de RCA como Metodología para la búsqueda e investigar fallas recurrentes o esporádicas en los equipos. En una técnica forense que determina la Causa Raíz para conseguir mejoramientos en los sistemas y procesos, de esta manera disminuir las perdidas por daños de equipos. El

segundo punto es modelar un proceso o planta usando todos los análisis de las fallas para estructurar una jerarquía de fallas enlazada con los flujos de los procesos, creando una librería de fallas aplicable a cualquier tipo de procesos, para finalmente llegar a listas de chequeo donde están las hipótesis y las evidencias de los hallazgos en forma de checklist o listados de diagnóstico que permiten rapidez y experiencia en los análisis de las fallas <sup>2</sup>.

## **2.1 Qué es el RCA**

El RCA es un riguroso método de solución de problemas, para cualquier tipo de falla, que utiliza la lógica sistemática y un árbol lógico de Causas Raíz de fallas. El árbol de fallas consiste en una representación visual de un evento de falla, en el cual el razonamiento por deducción y la verificación de los hechos conducen a las causas originales. Es una técnica de análisis que permite aprender de las fallas y eliminar las causas, en lugar de corregir los síntomas.

## **2.2 Cuándo se emplea el RCA**

Fallas crónicas (repetitivas), tales como fallas de equipos (generalmente problemas de mantenimiento). Fallas esporádicas (una vez), tales como paradas de emergencia, incendios, explosiones, muertes, lesiones importantes, o fallas graves poco frecuentes en los equipos. Oportunidades para identificar las deficiencias en los programas de entrenamiento y procedimientos operativos.

## **2.3 Por qué utilizar el RCA**

Cuando se implementan las recomendaciones, se pueden recuperar más de \$100 por cada \$1 invertido en entrenamiento y en horas hombre comprometidas en una investigación. Ello supone que las fallas específicas que se investigan son las más relevantes.

---

<sup>2</sup> MURILLO M, William. Modelo de confiabilidad basados en el análisis de fallas. Colombia: Cartagena de Indias, 2003.

- Al identificar y corregir todas las Causas Raíz, no solo debe evitarse la renuencia del problema inicial, sino que pueden eliminarse numerosos problemas con causas raíz similares.
- Ayuda a proporcionar la capacidad de reconocer un patrón de fallas.
- Reduce las frustraciones del personal de mantenimiento y operaciones.
- Mejora las condiciones de seguridad industrial y ambiental y evita tiempos improductivos innecesarios.

## **2.4 Clasificación de las Fallas**

Las fallas esporádicas: son una desviación por fuera de un rango aceptable de operación normal (por lo general en el lado bajo). Generalmente, la eliminación de una falla esporádica solamente llevará las cosas de nuevo a un rango aceptable. Estos son eventos por lo general poco frecuentes y no relacionados entre sí. Las fallas crónicas: son una desviación dentro de un rango aceptable de operación normal. Estos son eventos relativamente frecuentes. La eliminación de fallas crónicas llevará las operaciones regulares al punto máximo de una operación normal aceptable y elevará el nivel promedio esperado del desempeño.

El análisis de Causa Raíz cuenta de cuatro fases y once pasos que ayudan a buscar la solución del problema.

## **2.5 Metodología del RCA**

La Metodología está definida por un procedimiento de trabajo el cual está dividido en varias partes y pasos. Inicia preparando la investigación y termina con un reporte de los hallazgos.

### **2.5.1 Paso 1: Identificar los Eventos más Significantes**

En este paso se recolectan los datos, se definen las fallas y se calculan las pérdidas debido a las fallas ocurridas. El objetivo de este paso es determinar cuáles son los eventos y fallas más significantes. Se utiliza para analizar los costos de las fallas en unas instalaciones y clasificar los problemas en orden de importancia económica. Esto garantiza el retorno más rápido sobre el tiempo y el dinero invertidos en entrenamiento y análisis. La herramienta apropiada es el análisis Pareto (Figura 3). En ésta simplemente se afirma que el 80% de los costos de las fallas son causados por el 20% de las fallas totales. Estas las designamos como “pocas fallas críticas,” y son identificadas para los análisis de RCA.

**Figura 3.** Análisis Pareto de los eventos y fallas más significantes



Fuente: CIER. Modelos de confiabilidad basados en análisis de fallas.

### 2.5.2 Paso 2: Preservación de las Evidencias de las Fallas

Con una falla, lo más importante es la recolección de la información de la falla y están clasificados en el método de las 5P's.

**Partes:** Equipo o componente que fallo. Rodamientos, Sellos, instrumentos, motores, bombas, muestras, herramientas, etc.

**Posiciones:** Ubicación física del equipo o componente en falla. Mapa de la posición de los componentes, de los instrumentos, personal en la hora de la ocurrencia, información ambiental, posición física, etc.

**Personal:** Entrevistas al personal involucrado en la falla. Entrevistas al personal de mantenimiento, operaciones, administración, manejo, HSE, otros con procesos similares, etc.

**Papel:** Todos los reportes escritos relacionados con la falla. Reportes de cuarto de control, metalúrgica, procedimientos, políticas, mantenimiento, planos, especificaciones, entrenamientos, etc.

**Paradigmas:** Frases comunes que el personal de operaciones comúnmente usa para evitar investigaciones o desarrollar alguna actividad de mejoramiento "No tenemos tiempo para un RCA", " Hemos tratado de resolver esto desde hace 20 años", " Es un equipo viejo y por supuesto falla", " Esto es imposible de resolver", etc.

### 2.5.3 Paso 3: Ordenar el Análisis

Es la organización del equipo de trabajo y el facilitador. El RCA es dirigido por un facilitador, quien ha recibido entrenamiento específico en la Metodología RCA. El

resto del equipo lo conforma un grupo multifuncional que varía entre un problema y otro.

### Equipo RCA

El equipo RCA, por lo regular, podrá incluir: Un operador familiarizado con el proceso Operativo, un técnico (sí se trata de equipos mecánicos, eléctricos, o de instrumentación), un supervisor de primera línea, un ingeniero (químico, eléctrico, mecánico, o de otra especialidad), en ocasiones incluye especialistas tales como metalúrgicos, inspectores, especialistas de proceso, especialista de equipos rotativos, o proveedores, por lo menos una persona que ignora los eventos de fallas y sirve como crítico constructivo o abogado del diablo.

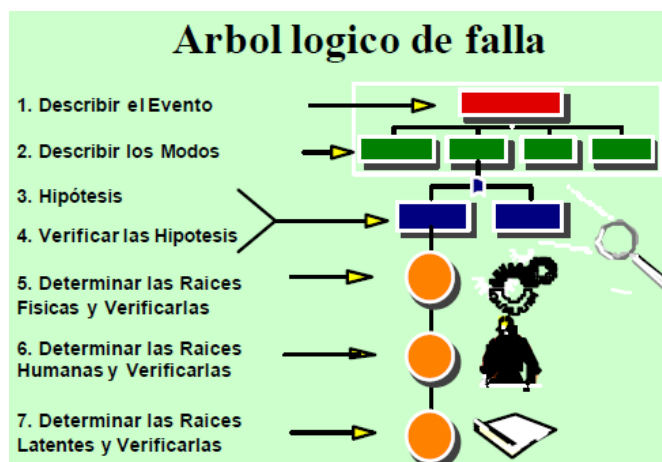
### La Sala de Guerra

Cualquier investigación de importancia merece una “sala de guerra”. Se trata de un salón para uso exclusivo del equipo RCA donde podrá recopilar y evaluar las evidencias, dotado de mesa de conferencia, tableros de tiza o de marcadores borrables y espacio en la pared para colocar los cuadros de Causa Raíz Lógica.

## 2.5.4 Paso 4: Análisis – Árbol lógico de Falla

El análisis continúa con la construcción estructurada del árbol lógico de fallas con niveles de causa y efecto. Un árbol lógico es una herramienta que usa la deducción lógica para la guía atreves de todos los eventos hipotéticos de la falla (Figura 4).

**Figura 4.** Árbol lógico y principios de un RCA



Fuente: CIER. Modelos de confiabilidad basados en análisis de fallas.

### **Pasos para construir un árbol de falla.**

1. Describir el Evento de la Falla.
2. Describir los Modos de la Falla.
3. Hacer una lista de las causas potenciales y verificar.

4. Causa(s) Raíz Física: Verificar mecanismo de falla en el nivel de componentes.
5. Causa(s) Raíz Humana: Verificar punto de acción indebida o error humano.
6. Causa(s) Raíz del Sistema: Verificar defecto en el sistema de administración.

Las preguntas para construir un árbol de falla son simples y consistentes, algunas de ellas son “Como pudo ocurrir la falla“, “Porque ocurrió la falla“, entre otras. El éxito del método del análisis costo efectividad de un RCA es buscar e identificar muy bien la falla.

Se han identificado 4 agentes posibles de fallas:

Fuerza.

Reacción al Medio Ambiente.

Tiempo

Temperatura.

Las 7 categorías de las causas de fallas:

1. Falla por diseño.
2. Defecto en los materiales.
3. Fabricación y/o error del proceso.
4. Ensamble o defecto de instalación.
5. Fuera de diseño o condiciones de servicio sin planeación.
6. Deficiencias en el mantenimiento.
7. Operaciones Inapropiadas

El Análisis de la Falla y Verificación de las Causas Raíces, determinar las causas raíz físicas, humanas y del sistema para cualquier tipo de falla. Consta de seis pasos básicos.

Los primeros cuatro pasos se reconocen a partir de cosas tales como la solución inmediata de problemas, en los que únicamente se observan los elementos que resultan verdaderos.

El quinto algunas veces se encuentra también en la solución de problemas, puesto que la operación apropiada o deficiente del mantenimiento. El paso seis es la verificación de fallas Latentes o del sistema y son debidos a problemas administrativos.

### **2.5.5 Paso 5: Comunicación de los Resultados y las Recomendaciones**

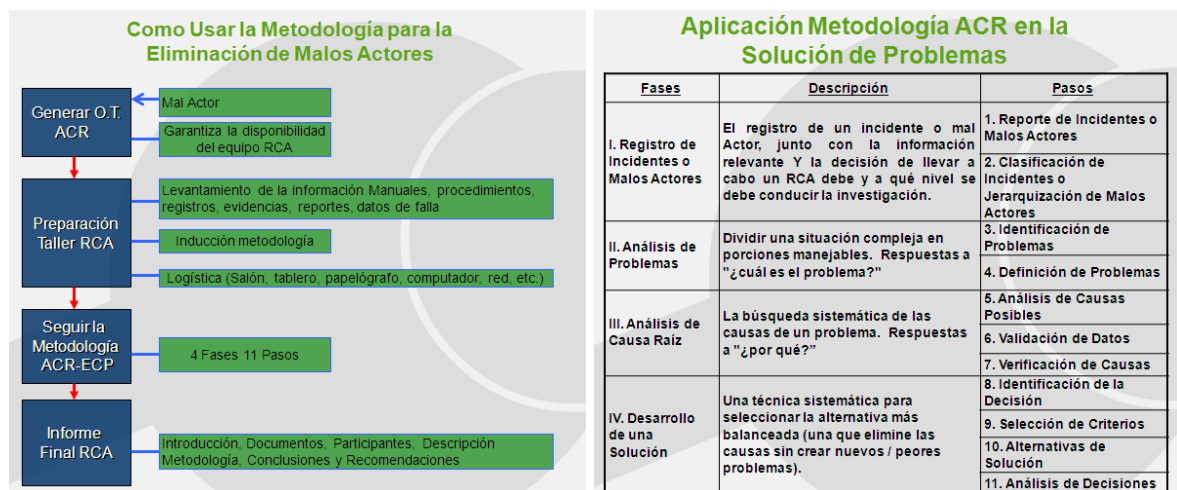
Comunicar los resultados ha constituido el paso esencial al documentar los hallazgos en las investigaciones de RCA y las recomendaciones asociadas con ello. Estos hallazgos se deben analizar con el personal apropiado y pueden requerir de reuniones con la gerencia.

Un informe formal por lo general ayuda a obtener compromiso de la gerencia a resolver las fallas concentrándose en las causas raíz determinadas en la investigación. El costo de implementar los resultados se debe comparar frente al costo de la falla<sup>3</sup>.

## 2.5.6 Paso 6: Seguimiento a los Resultados

Parte de la responsabilidad del facilitador es analizar la implementación de las recomendaciones y realizar el seguimiento de su ejecución, los resultados pueden ser comparados y medidos con reducción en los costos de mantenimiento, mejoramiento en las ratas de producción y reducción de las ratas de fallas, etc. (Figura 5).

Figura 5. Metodología RCA



Fuente: Mantenimiento clase mundial.

<sup>3</sup>SERNA G, Aníbal. Análisis de Falla. Especialización Gerencia de Mantenimiento. Colombia: Bogotá, 2012.

### 3 GUIA PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION DE RCA.

Describir de forma detallada el proceso estructurado (4 fases y 11 pasos) de Análisis de Causa Raíz para la solución de problemas, así como definir términos y herramientas comunes para aplicar esta metodología de forma unificada en la mejora de la confiabilidad de los equipos para llevar adelante una estrategia de mantenimiento<sup>4</sup>.

Este documento describe un enfoque basado estrictamente en datos y hechos para la Solución de Problemas (al que con frecuencia se le denomina Análisis de Causa Raíz), ofreciendo información sobre cómo Solucionar Problemas a través de las Eliminación de las Causas.

### **El Análisis de Causa Raíz NO ES:**

Un grupo de personas sentadas alrededor de una mesa preguntándose (Figura 6) “¿qué vamos a hacer con este problema?”

Figura 6. Equipo Investigador del Incidente.



<sup>4</sup> Ecopetrol S.A Manual para la aplicación de la Metodología de Análisis de Causa Raíz para la solución de problemas. p 1- 59

**Análisis de Causa Raíz ES:** Método estructurado de Análisis utilizado en la solución efectiva de problemas, con el que se evalúa toda la cadena de hechos, hasta identificar las causas raíces y las soluciones efectivas para eliminar o mitigar sus efectos. Es una técnica de análisis que permite aprender de los problemas y eliminar las causas, en lugar de corregir los síntomas.

La Primera herramienta para construir la excelencia.

### **La importancia del Análisis de Causa Raíz y Eliminación de Defectos**

La administración moderna del mantenimiento consiste de los sistemas necesarios para manejar las siguientes principales cuatro áreas:

- ✓ Eliminación de Defectos
- ✓ Optimización del volumen de trabajo
- ✓ Eficiencia en la ejecución
- ✓ Manejo de la confiabilidad y la integridad

Estas áreas principales están relacionadas entre sí y mejoras en una de estas áreas, típicamente, tienen impacto en una o más de las otras áreas. De las cuatro, sólo “Eliminación de Defectos” (Figura 7) tiene impacto sobre las otras tres, como lo indica el diagrama que aparece a continuación. Por lo tanto, con recursos limitados y por ende con la capacidad de tratar sólo una de las áreas, el mayor beneficio se logra a través de la Eliminación de Defectos, lo que requiere una capacidad bien estructurada en la solución de problemas basada en hechos (Análisis de Causa Raíz, (RCA)).

#### **3.1 Condiciones Generales**

- ✓ Todo evento que ocurra debe ser reportado y registrado utilizando la funcionalidad del Reporte Preliminar.
- ✓ El evento reportado debe ser analizado y clasificado de acuerdo con los criterios definidos en la Matriz de Definición del Nivel de Análisis.
- ✓ La definición del Nivel de Análisis se obtiene de la evaluación del Impacto Potencial del evento, de acuerdo a la matriz anexa.
- ✓ El RCA busca determinar las causas de los eventos, que al ser eliminadas contribuyen en mayor medida a la eliminación, control o mitigación del efecto primario (evento) y plantear las soluciones que evitarán la recurrencia del evento, convirtiéndose en soluciones efectivas.

Figura 7. Diagrama eliminación de defectos.



Fuente: Ecopetrol S.A Manual para la aplicación de la Metodología de Análisis de Causa Raíz para la solución de problemas.

### 3.2 Desarrollo de la Metodología RCA

La metodología de Análisis de Causa Raíz para la Solución de Problemas se desarrolla a través de cuatro fases, subdivididas en 11 pasos, las cuales se describen en la Figura 8 a continuación.

Figura 8. Fases de la metodología para el RCA

Fases	Descripción	Pasos
I. Registro de Incidentes o Malos Actores	La captura (registro) de un incidente o mal actor junto con la información relevante, decidir si se debe realizar un ACR y a qué nivel se debe conducir la investigación en caso de ser necesario.	1. Reporte de Incidentes o Malos Actores
		2. Clasificación de Incidentes o Jerarquización de Malos Actores
II. Análisis de Problemas	Dividir una situación compleja en porciones manejables. Respuestas a "¿cuál es el problema?"	3. Identificación de Problemas
		4. Definición de Problemas
III. Análisis de Causa Raíz	La búsqueda sistemática de las causas de un problema. Respuestas a "¿por qué?"	5. Análisis de Causas Posibles
		6. Validación de Datos
		7. Verificación de Causas
IV. Desarrollo de la Solución	Una técnica sistemática para seleccionar la alternativa más balanceada (una que elimine las causas sin crear nuevos / peores problemas).	8. Selección de Criterios
		9. Alternativas de Solución
		10. Identificación de la Decisión
		11. Análisis de la Decisión

Fuente: Ecopetrol S.A Manual para la aplicación de la Metodología de Análisis de Causa Raíz para la solución de problemas

### 3.2.1 FASE I: Reporte de Incidente o Malos Actores

La fase crítica en cualquier proceso es el arranque. Si no comenzamos con los ingredientes correctos, no obtendremos el resultado deseado. De la misma manera, el Proceso de Solución de Problemas, las primeras fases, Reporte de Incidentes o Malos Actores y Análisis del Problema, son esenciales para el éxito de la eliminación de problemas. La primera fase, Reporte de Incidentes ó Malos Actores, hace énfasis en la captura de la información relacionada con el problema, establecer las consecuencias y decidir si se requiere un RCA y a qué nivel.

Los pasos del proceso incluidos en la fase de Reporte de Incidentes ó malos actores de la Solución de Problemas se muestran a continuación y se describen en las páginas siguientes.

#### 3.2.1.1 Paso 1: Reporte de Incidentes

**Objetivo (por qué)** Al igual que un buen sistema de gestión de HSE, un buen Sistema de Gestión de Activos tendrá implementado un mecanismo adecuado para el reporte de incidentes o malos actores. En el contexto de un Sistema de Gestión de Activos, un “incidente” se define típicamente como cualquier evento que desvíe el plan de producción o se aparte significativamente del presupuesto, o un “cuasi accidente” importante. El nivel de tolerancia (investigar si o no) de varios incidentes deben ser definidos por la administración. Por otro lado, un mal actor aplica a los equipos o componentes que tienen una alta frecuencia de fallas y un alto impacto económico. El propósito de este paso es recoger inmediatamente los hechos alrededor del incidente por parte de las personas directamente involucradas.

### **3.2.1.2 Paso 2: Jerarquización de Incidentes o Malos Actores**

**Objetivo (por qué)** Con el fin de identificar los incidentes ó malos actores más críticos como aquellos que puedan tener (o hayan tenido) un mayor impacto en el negocio sean resueltos, haciendo uso de los recursos limitados que estén disponibles.

### **3.2.1.3 Paso 3: Matriz de Riesgos para Análisis de Causa Raíz**

**Qué** La Matriz de Riesgos para RCA es una herramienta para clasificar la criticidad de los incidentes, con el fin de que los incidentes críticos sean investigados y resueltos al nivel apropiado (ver Figura 9).

**Cuándo** Después de que se elabora un reporte de incidentes, el incidente debe clasificarse en la matriz. Esta información se puede incluir en reporte el del incidente (luego se puede confrontar y cambiar).

**Porqué** Para que los incidentes sean gestionados al nivel apropiado dentro de la organización, con base en la clasificación del riesgo del incidente, debido a que los recursos para la elaboración de RCA son limitados. La matriz ayuda a determinar qué se investigará y a qué nivel.

**Cómo** Primero, establecer las consecuencias de primer orden (consecuencias directas) del incidente, ya sea con impacto en el Personal, los Activos, la Producción, el Medio Ambiente o Reputación (o alguna combinación de estos). Segundo, estimar la probabilidad de que el incidente ocurra de nuevo. Buscar la casilla correspondiente en la matriz donde se ajusta el incidente y luego tomar acción de acuerdo con las directrices en la parte inferior de la matriz. Por ejemplo, una falla de un equipo que su reparación cuesta \$50,000 y dio como resultado \$400,000 en pérdidas de producción y es muy probable que suceda nuevamente en 1 - 2 años podría clasificarse como un incidente D3.

Figura 9. Matriz evaluación de criticidad

CONSECUENCIAS POTENCIALES					PROBABILIDAD				
Personas	Económica (en dólares)	Ambiental	Imagen de la Empresa		No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en ECOPEPETROL	Sucede varias veces por año en Ecopetrol	Sucede varias veces por año en el distrito
					A	B	C	D	E
Una o más fatalidades	Catastrófica > 10 Millones	Masivo	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente parcial o total	Grave 1-10 millones	Mayor	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad temp. > 1 día	Severo 100 mil - 1 millón	Localizado	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesión menor no incapacidad	Importante 10 mil-100 mil	Menor	Local	2	N	N	L	L	M
Lesión leve primeros auxilios	Marginal < 10 mil	Leve	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

COLOR	RIESGO	INVESTIGACIÓN DE INCIDENTES
VH	Muy Alto	Equipo Investigador nombrado por Gerente. Se debe reportar al Vicepresidente en las 8 horas siguientes
H	Alto	
M	Medio	Equipo Investigador nombrado por efe de Departamento. Se debe reportar al Gerente en las 24 horas siguientes
L	Bajo	Equipo Investigador nombrado por el Coordinador se debe reportar al Jefe de Departamento.
N	Ninguno	Equipo investigador por Supervisor operadores, se debe reportar a Coordinador.

Fuente: Hocol. Procedimiento Análisis Causa Raíz.

### 3.2.2 FASE II: Análisis del Problema.

El Análisis del Problema es esencial para el éxito en la eliminación del problema. Esta fase se centra en la identificación y la definición del problema. Todos muchas veces en nuestra ansiedad por **resolver** los problemas empezamos a solucionar problemas que no están bien definidos y por tanto no eliminamos la causa. Una estrecha adherencia (la cual incluye disciplina y práctica) al proceso descrito en esta sección ayudará a eliminar el hecho de "trabajar en algo equivocado".

#### 3.2.2.1 Paso 1: Identificación del Problema

**Objetivo (por qué)** Muchas veces el problema no está bien definido ó existen muchos problemas. Lo cual puede hacer difícil conocer desde donde se debe comenzar. El proceso descrito en esta etapa y las herramientas referenciadas son usados para ayudar a determinar donde se debe comenzar. El producto final de esta etapa es el Planteamiento del Problema, lo cual establece el punto de partida y el nivel de expectativa.

### 3.2.2.2 Paso 2: Descripción del Problema

**Objetivo (por qué)** Este paso del Análisis de Problemas responde a la siguiente pregunta: **“Qué hechos nos indican que existe un problema?”** En este paso se invierte tiempo en la recopilación de datos. Entre más exactamente se defina el problema en términos de qué, donde "existe" y "no existe", mejor será el producto final en la fase del Análisis de Causa Raíz.

### 3.2.2.3 Herramientas:

**En esta Sección** las siguientes herramientas se describen en:

- Recolección de los Datos
- Lluvia de ideas
- Diagrama de Relación
- Línea de tiempo
- Modelo de Cambio
- Diagrama Pareto
- Planteamiento del Problema
- Existe / No existe (Diferenciación)
- Análisis de precisión (Pin Point)

Cuándo usarlas: Estas herramientas serán usadas durante todo el Proceso de Solución de Problemas. Recomendaciones de cómo usarse se enuncian junto con cada paso del proceso. Sin embargo, no se espera que se use cada una de las herramientas cada vez que se analice un problema. Use la herramienta que más se ajuste al problema a analizar.

### 3.2.2.4 Herramienta: Recolección de Datos

**Ilustración: Calidad de los datos:**

- ✓ **Hechos** - verificables, medibles, precisos
- ✓ **Inferencia** – deducción lógica basada en hechos
- ✓ **Suposición** – hipótesis lógica que podría explicar los hechos
- ✓ **Opinión** - corazonada, experiencia
- ✓ **Creencias** – opinión de terceros
- ✓ **Rumores** – información de 2da, 3ra & 4ta mano
- ✓ **Adivinar** – basado en la intuición, corazonadas
- ✓ **Fantasía** – sin fundamento, distorsión

**Qué** El medio para justificar el fin. La recolección de datos es el proceso de recopilación de información de diferentes fuentes, en diversas formas y de calidad

variada. La calidad de la información es lo más importante del éxito de este proceso (éxito = eliminación de las causas)

**Cuándo** Inicialmente y durante todo el proceso.

**Por qué** Para asegurar que el proceso se base en hechos y no en opiniones, corazonadas o suposiciones.

**Cómo** Buscar datos de la más alta calidad = HECHOS. Utilizar diversas fuentes: libros, computador de proceso, visita al campo, historia del equipo, registros, entrevistas (operaciones, mantenimiento, ingeniería, equipo fabricantes, "expertos") y pruebas.

### 3.2.2.5 Herramientas: Lluvia de Ideas

**Qué** La lluvia de ideas es una manera en que los grupos generan tantas ideas como sea posible en un período muy breve aprovechando la energía del grupo y la creatividad individual. Se trata de un método desarrollado por Alex .F. Osborne en los años 1941.

**Cuándo** La lluvia de ideas es muy útil cuando se trata de generar ideas sobre problemas, aspectos para mejorar, posibles causas, otras soluciones y oposición al cambio.

**Por qué** Un proceso interactivo de grupo no estructurado que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente. Al presentar la mayor cantidad de ideas posibles en corto período e invitar a todos los miembros del grupo a participar, esta herramienta ayuda a la gente a pensar con mayor amplitud y tener otras perspectivas. Sirve para que las ideas se propaguen por la influencia que ejercen entre ellas. Pero no sirve para reemplazar a los datos.

### 3.2.2.6 Herramienta: Diagrama de Relación

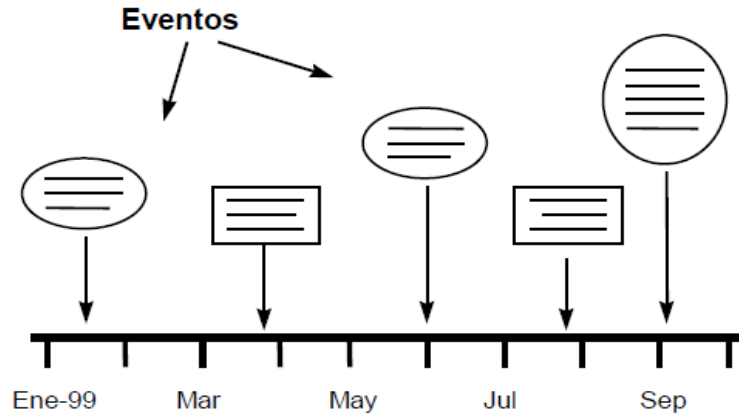
**Qué** La técnica de Diagrama de Relación o la técnica de Inventariar / Agrupar es una visualización del problema general y de los eventos y circunstancias que lo iniciaron y cómo se relacionan

**Cuándo** El diagrama de relación se usa cuando se trata de dividir un gran problema en sectores manejables.

**Por qué** El diagrama de relación ayuda a priorizar...el tamaño de los grupos dan un sentido de la magnitud.

### 3.2.2.7 Herramienta: Línea de Tiempo

Figura 10. Línea del tiempo de eventos.



Fuente: Ecopetrol S.A Manual para la aplicación de la Metodología de Análisis de Causa Raíz para la solución de problemas

**Qué** Un gráfico o una lista indicando el orden en que se dieron los eventos

**Cuándo** Es muy útil cuando las fuentes de los datos son separadas (2 entrevistados...) o cuando varios eventos se presentan muy cercanos en el tiempo. También cuando se observa un problema a largo plazo y se revisa la historia.

**Por qué** "Una imagen dice más que 1000 palabras"...presenta la situación de un solo vistazo.

**Cómo** Mientras se revisan los registros, fuentes de datos, acomode la información en la línea de tiempo horizontal (los datos más antiguos hacia la izquierda). Si las descripciones escritas son muy largas o el marco de tiempo es corto, puede elegir escribir la secuencia de eventos en forma de lista. Una columna que indique fecha/tiempo y otra que describa el evento.

### 3.2.2.8 Herramienta: Modelo de Cambio

**Qué** La técnica de Diagrama de Relación o la técnica de Inventariar / Agrupar es una visualización del problema general y de los eventos y circunstancias que lo iniciaron y cómo se relacionan.

**Cuándo** El diagrama de relación se usa cuando se trata de dividir un gran problema en sectores manejables.

**Por qué** El diagrama de relación ayuda a priorizar, el tamaño de los grupos dan un sentido de la magnitud.

**Cómo**

- ✓ Coloque el problema (efecto) en el centro de la página.
- ✓ Empiece a escribir diversos eventos o circunstancias iniciales que llevaron al problema
- ✓ Agrupe encerrando eventos parecidos/similares en el mismo grupo

**3.2.2.9 Herramienta: Diagrama de Pareto**

**Qué** Un diagrama Pareto es una forma especial de gráfico de barras que se usa para clasificar o priorizar los datos.

**Cuándo** Se puede usar para determinar en qué problema(s) se va a trabajar primero, determinar cuál es la más frecuente y/o cuál causa el mayor impacto.

**Por qué** Para asegurar que se está trabajando el ítem de mayor consecuencia. Basado en hechos y no en “corazonada”.

**Cómo**

- ✓ Recopilar datos acerca de la situación por categoría de la causa o por el evento que la inicia. (hacer referencia al Diagrama de Relación).
- ✓ Clasificar mayor impacto de los datos / # incidentes al menor. Dibujar cuadro de barras que muestre de grande a pequeño, de izquierda a derecha.
- ✓ Desarrollar Enunciado del Problema para la barra más grande.

**3.2.2.10 Herramienta: Enunciado del Problema**



Esperado - La bomba xyz debe tener una tasa de flujo de  $1000 M^3/hr$ .

Real - Desde Julio 7 la bomba xyz tiene una tasa de flujo máxima de  $800 M^3/hr$ .

Impacto - Esta tasa de flujo más baja da como resultado un pérdida en producción de \$5,000/día.

**Qué** Enunciado del problema en términos de un objeto, su defecto, y el impacto del defecto.

**Cuándo** Cada una de las veces.

**Por qué** Para asegurar un acuerdo común sobre cuál es el problema y cuál es el desempeño esperado.

**Cómo** Simplemente escriba los tres encabezados: Esperado, Real e Impacto y luego escriba una o dos frases describiéndolos. Combinadas, las frases deben contener lo siguiente:

Un objeto: el proceso, equipo o actividad específico que no tiene el desempeño esperado.

Un defecto: la diferencia entre el desempeño esperado y el desempeño/rendimiento real.

y qué: el grado medible de la diferencia o.... qué me importa?

### 3.2.2.11 Herramienta: Existe / No Existe

Tabla 1. Existe / no existe

		ES	NO ES	DISTINTO	CAMBIO
(qué)	<b>Identidad</b>				
(dónde)	<b>Ubicación</b>				
(cuándo)	<b>Tiempo</b>				
(cuánto)	<b>Extención</b>				

Fuente: Ecopetrol S.A Manual para la aplicación de la Metodología de Análisis de Causa Raíz para la solución de problemas

**Qué** El Modelo Es / No Es brinda una descripción detallada de dónde existe y dónde no existe el problema. También usa la técnica de la diferenciación (comparación de situaciones parecidas) para ayudar a identificar las posibles causas del problema.

**Cuándo** Siempre diligencie el “Es”. Cuando existe una comparación diligencie tanto la columna de “Es” como la de “No Es”

**Por qué** El definir las dimensiones del problema le permitirá comparar y separar Causas Posibles y Causas Raíz.

**Cómo** Responda las siguientes preguntas y llene el cuadro

### 3.2.2.12 Herramienta: Análisis de Precisión

**Que** Un proceso que alienta el pensamiento divergente. Es una forma más simple de análisis Es / No Es

**Cuándo** El desarrollo de Es / No Es. Brinda un buen medio de capturar ideas que requieren verificación antes de colocarlas en Es / No Es.

**Por qué** A veces, la recopilación inicial de datos es insuficiente para completar el Es / No Es. El cuadro “podría ser” del análisis de Precisión proporciona una lista de qué información se requiere para verificación y los otros cuadros muestran dónde ya se tiene suficiente evidencia

#### **Cómo**

- ✓ Prepare tres cuadros, cada uno con un encabezado:
  - “Definitivamente Es”
  - “Podría ser”
  - “No es”
- ✓ En equipo, liste las posibilidades en el cuadro adecuado. Pregunte y responda los interrogantes Cuándo? y Dónde?
- ✓ Use el cuadro “podría ser” como la lista de trabajo para la recolección de datos. En equipo determine dónde /cómo obtener la información.

### 3.2.3 FASE III: ANALISIS DE CAUSA RAIZ

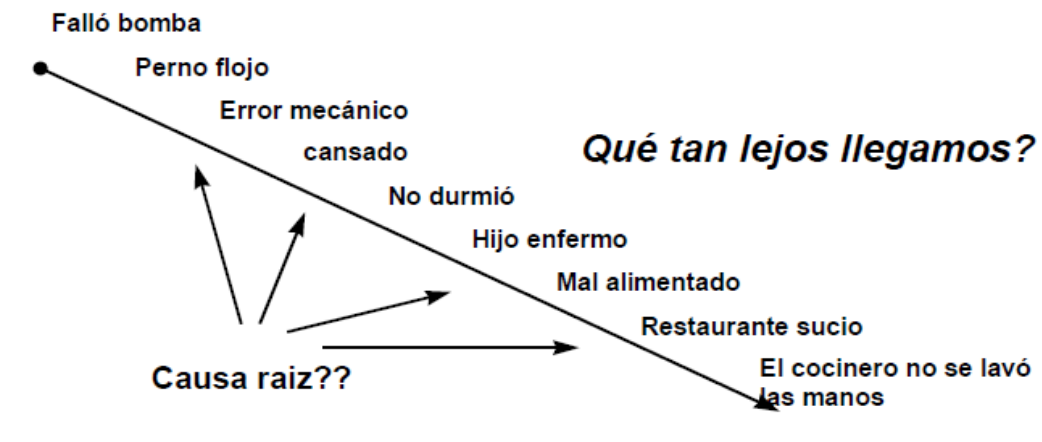
#### 3.2.3.1 Generalidades

En esta sección La tercera fase del Proceso de Solución de Problemas es el Análisis de Causa Raíz, **RCA**. El RCA se enfoca en determinar las causas del problema tal como se identifican en el Enunciado del Problema y tal como se describen en la Descripción del Problema. Al igual que en la fase anterior, el éxito del RCA se ve impactado por el nivel de adherencia al proceso y la calidad de los datos usados en el proceso. Durante el Análisis de Causa Raíz se debe tener cuidado de no caer en el patrón tradicional de llegar a conclusiones apresuradamente. Nuevamente, la adherencia (que requiere de disciplina y práctica) al proceso resaltado en esta sección eliminará cualquier causa infundada y proporcionará detalles de cómo las causas raíz identificadas explican los efectos.

Los pasos del proceso incluidos en la fase de Solución del Problema del Análisis de Causa Raíz se encuentran anotados e ilustrados a continuación. En el resto de esta sección se suministran las descripciones de cada paso y de cada herramienta (ver figura 11).

#### ALGUNOS CONSEJOS UTILES:

Figura 11. Aspectos para llegar a la Causa Raíz



Fuente: Ecopetrol S.A Manual para la aplicación de la Metodología de Análisis de Causa Raíz para la solución de problemas

“En general, las modalidades de falla (causas raíz) se deben identificar en suficiente detalle para poder identificar una política adecuada para el manejo de fallas.” *John Moubrey, “padre” del RCM clásico*

- **“*Tendemos a concentrarnos en causas técnicas*”**

Nos gustan las soluciones técnicas (somos técnicos), pero existe bastante evidencia de que por lo menos un 50% de las fallas están relacionadas con causas humanas... con frecuencia se debe a que la gente hace lo que cree que es correcto (filosofía de capacitación u operación) o porque siguen instrucciones erradas o porque estas instrucciones no son precisas o no son claras.

### **3.2.3.2 PASO 5: Análisis de Causas Posibles**

**El propósito (*por qué?*)** de este paso es determinar la mayor cantidad de causas Posibles del problema. En este paso finalmente estamos listos para hacernos y empezar a dar respuesta a las preguntas:

**“*Por qué ocurrió?*”**  
**“*Qué lo ocasionó?*”**

El producto final de este paso es una lista de causas posibles: causas que podrían resultar en un efecto igual al problema

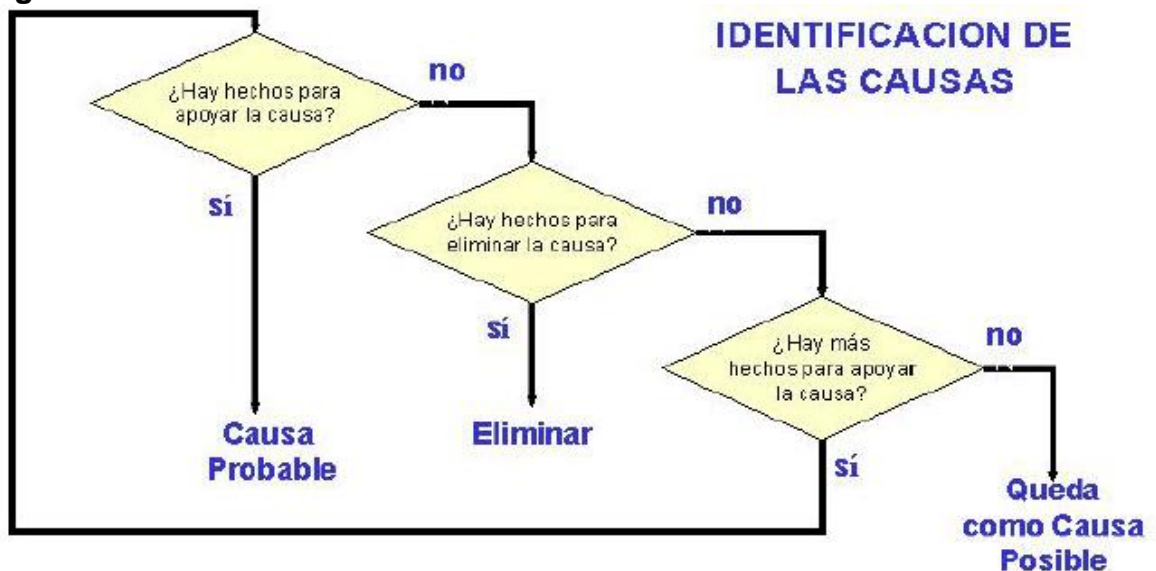
### **3.2.3.3 PASO 6: Validación de Datos**

**El propósito (*por qué?*)** de la validación es determinar cuál de las causas posibles determinadas en el Paso 5 tienen hechos que las soporten. Este paso se enfoca En: eliminar los datos que tienen una mala lógica y que no son verificables. Esto se hace para asegurar que el proceso de Solución de Problemas permanezca basado en hechos para que las recomendaciones de seguimiento traten la causa.

**Proceso (*cómo?*)** El siguiente cuadro ilustra los sub-pasos del proceso de validación.

<b>Pregunta SUB-PASO / Proceso</b>	<b>Si "SI"</b>	<b>Si "NO"</b>
<b>1. Revise cada causa posible y pregúntese "¿tengo hechos que soporten ésta causa?"</b>	Entonces se convierte en una causa Probable	Pase a la pregunta 2.
<b>2. Luego pregúntese "¿tengo hechos para eliminarla?"</b>	Entonces retírela de la lista	Pase a la pregunta 3
<b>3. Luego pregúntese "¿se dispone de más datos para confirmar o negar esta causa?"</b>	Entonces busque datos/hechos adicionales	Manténgalo en la Lista de Causas

**Figura 12. Identificación de las Causas**



Fuente: Ecopetrol S.A Manual para la aplicación de la Metodología de Análisis de Causa Raíz para la solución de problemas

### 3.2.3.4 PASO 7: Verificación de Causa

**Propósito (por qué)** El paso final del RCA es verificar e identificar cuáles de las Causas Probables y de las restantes Causas Posibles *concedan* con cada dimensión de la Descripción del problema, incluyendo:

**Identidad**

**Ubicación**

**Tiempo**

**Duración**

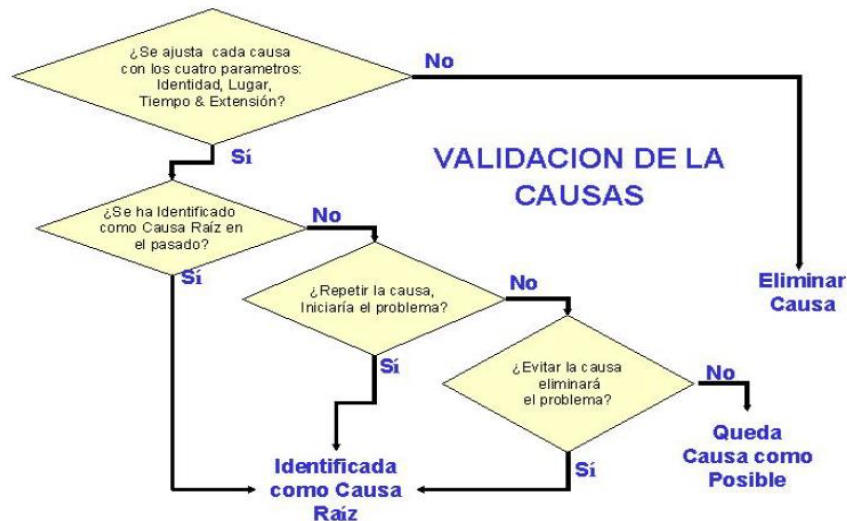
El propósito de la verificación es mantener un enfoque basado en hechos y asegurar que las causas remanentes estén ligadas al problema. Las causas que concuerden con la Descripción del Problema y que verifiquen el problema se convierten en Causas Raíz. Las causas que concuerden con las cuatro dimensiones pero que no se puedan verificar permanecen como Causas Probables.

**Proceso (cómo)** A continuación se muestran los sub-pasos del proceso de Verificación de Causa.

<b>SUB-PASO proceso / Pregunta</b>	<b>Si "SI"</b>	<b>Si "NO"</b>
<b>1. Tome cada causa validada y compárela con Es/No Es, pregunte "¿cumple con todas las 4 dimensiones?"</b>	Vaya al paso 2	Retírelo de la lista de causas
<b>2. Enseguida pregunte "¿sé con certeza que puede ocasionar un problema?"</b>	Es una probable Causa Raíz	Vaya al paso 3.
<b>3. Luego pregunte "¿la causa que lo inició puede repetir el problema?"</b>	Se convierte en una Causa Raíz	Vaya al paso 4
<b>4. Finalmente pregunte "si se reversa la causa se eliminarían los problemas?"</b>	Se convierte en una Causa Raíz	Sigue siendo una causa probable

**VERIFICACION DE CAUSA (continua)**

**Figura 13. Validación de las Causas**



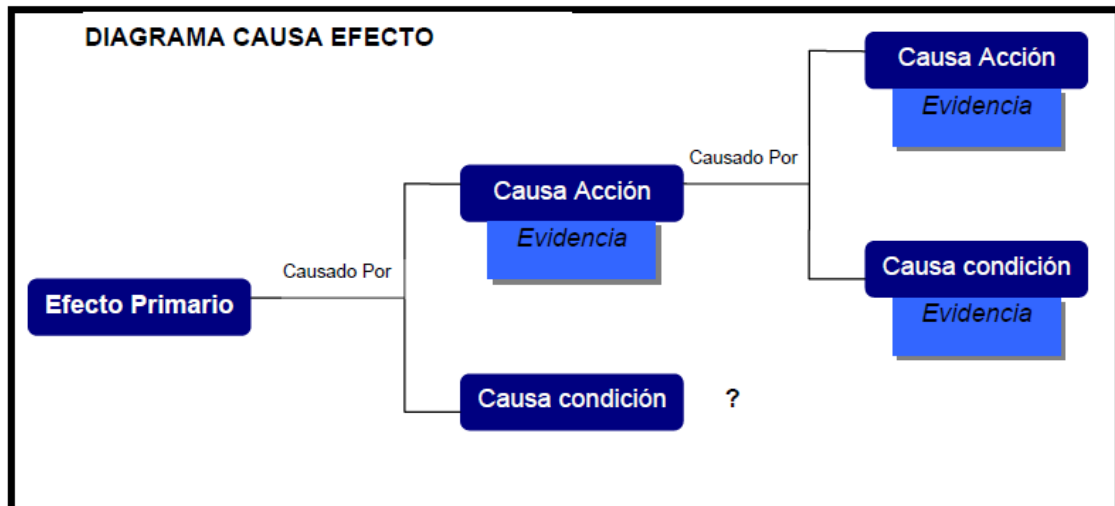
Fuente: Ecopetrol S.A Manual para la aplicación de la Metodología de Análisis de Causa Raíz para la solución de problemas

### 3.2.3.4.1 HERRAMIENTAS: Generalidades

Las siguientes herramientas se describen en esta sección.

- ✓ Diagrama Causa y Efecto
- ✓ Paso de Escalera
- ✓ Análisis de Árbol de Fallas
- ✓ Análisis de Cambio
- ✓ Diagrama Espina de Pescado
- ✓ Árbol lógico de fallas
- ✓ Hoja de verificación Humana / Sistemas

Figura 14. Diagrama causa efecto



Fuente: <http://www.eduteka.org/HerramientasVisuales.php>)

**Qué** El Diagrama de Causa y Efecto es probablemente la herramienta RCA más útil y más utilizada. Es una técnica que es fácil de aprender y puede usarse virtualmente en cualquier situación.

**Cuándo** Como primer paso del Análisis de Causa Raíz. Luego de terminar con el Planteamiento de un Problema y con la Descripción del Problema.

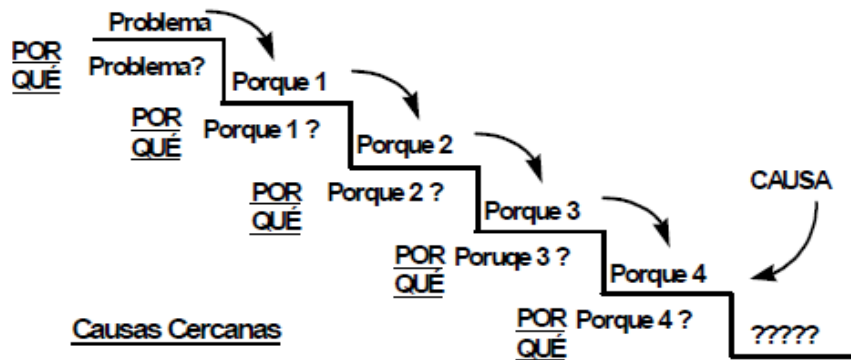
**Por qué** Es sencillo y efectivo

### Cómo

- ✓ Comenzar con un Efecto Primario y preguntar: esto fue “ocasionado por”?
- ✓ Responder con hechos soportados por la evidencia, no por opiniones y tomar pequeñas medidas –la causa del Efecto Primario también es un efecto de otra causa y así continua la secuencia.
- ✓ Luego preguntar: “.. y este efecto fue ocasionado por?”
- ✓ Nuevamente, responder con hechos, no opiniones

### 3.2.3.4.2 HERRAMIENTA: Método de la escalera (5 POR QUÉS?)

Figura 15. Causas cercanas por que



Fuente:<http://www.dosideas.com/noticias/metodologias/366-la-tecnica-de-los-5-porque.html>

**Qué** El Paso de Escalera es una disciplina convergente de preguntas para ayudar a descubrir las Causas Cercanas de un problema (la causa fáctica más conocida antes de adivinar).

**Cuándo** Como un primer paso en el Análisis de Causa Raíz. Luego de completar el Planteamiento del Problema y la Descripción del Problema.

**Por qué** Preguntando "por qué" 5 veces... a menudo usted llegará al nivel de Causa Cercana vs una causa "superficial".

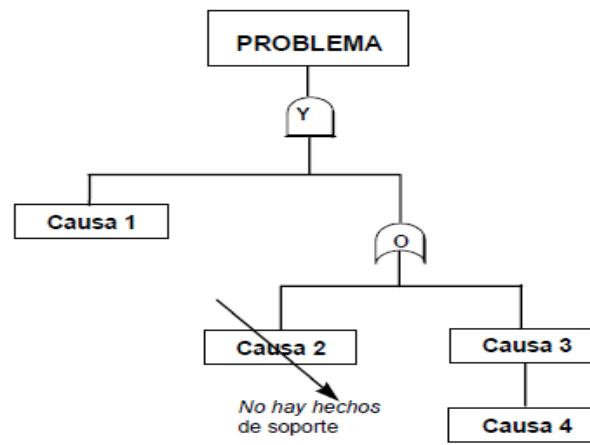
### Cómo

- ✓ Comenzar con el Planteamiento del Problema, preguntar: "Por qué sucedió esto?"
- ✓ Responder con hechos, no opiniones.
- ✓ Luego preguntar: " y por qué sucedió esto"?.
- ✓ Nuevamente, responder con hechos, no opiniones.

- ✓ Continuar con este proceso hasta que la respuesta no sea un hecho. A este punto usted podrá ó: ir a recopilar más datos para ver si puede encontrar datos fácticos para soportar la respuesta (si encuentra los datos de soporte entonces reasuma haciendo la pregunta "por qué?"), ó regrese un paso y tome el último hecho conocido, esta es la Causa Cercana

### 3.2.3.4.3 HERRAMIENTA: Análisis de Árbol

Figura 16. Árbol de análisis



Fuente: <https://www.google.com.co/search?q=arbol+de+analisis&>

**Qué** Una técnica deductiva que se centra en un sistema de falla o accidente. El Árbol de Fallas es un modelo gráfico que muestra una combinación de fallas de los equipos y fallas Humanas/sistemas que en conjunto forman una falla de un sistema.

**Cuando** Una sola falla o un solo accidente que tiene múltiples causas.

**Por qué** "Una imagen vale más que 1000 palabras" con un simple vistazo se muestra la Interrelación y la complejidad de la causa.

**Cómo** Usar las puertas lógicas de Boolean para describir los posibles eventos y causas.



**Y:** tanto eventos como condiciones deben satisfacerse.



**O:** cualquier condición puede ocasionar el problema.

- ✓ Construir un diagrama de todas las causas posibles.
- ✓ Eliminar las causas para las cuales usted cuenta con datos de desaprobación.

#### 3.2.3.4.4 HERRAMIENTA: Análisis de Cambio

**Qué** El análisis de cambio es otro método de diferenciación utilizado para ayudar a Identificar causas proximales y posibles causas.

**Cuando** los datos estén disponibles (es decir un proceso o un equipo o un proceso similar).

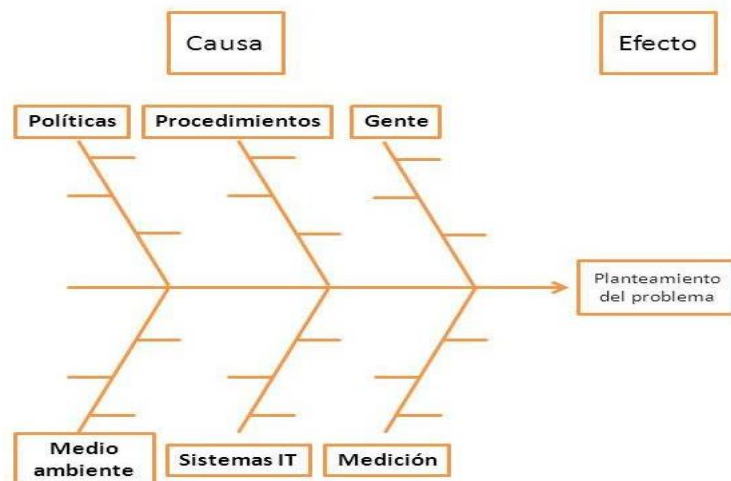
**Por qué** Es de mucha ayuda ponerlo por escrito para que todo el equipo lo vea. Igualmente, la comparación ayuda a resaltar las diferencias... estas diferencias pueden estar relacionadas con la causa.

#### **Cómo**

- ✓ Analizar / hacer una lista de los hechos importantes acerca de la situación actual.
- ✓ Analizar / hacer una lista de los hechos importantes acerca de tiempos anteriores cuando el problema no ocurría.
- ✓ Comparar Las listas 1 y 2: a) hacer una lista de todas las diferencias conocidas (basadas en hechos) = Causas Cercanas y b) hacer una lista de todas las diferencias posibles = Causas Posibles.
- ✓ Analizar cada causa para ver si puede ocasionar el problema. Si sí, manténgala como causa probable. Si no, táchenla de la lista.

#### 3.2.3.4.5 HERRAMIENTA: Diagrama Espina de Pescado (Causa y Efecto)

Figura 17. Diagrama Causa Efecto



Fuente: <http://innovando.net/diagrama-de-espina-de-pescado/>

**Qué** Un diagrama de Espina de Pescado es un proceso estructurado para visualizar e identificar Todas las causas posibles de un problema.

**Cuándo** Después de determinar las Causas Cercanas (basadas en hechos).

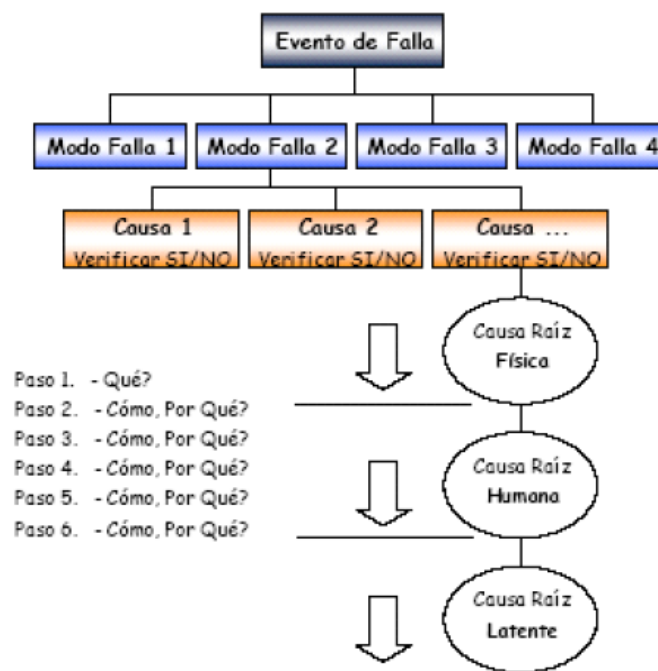
**Por qué** El completar el diagrama de Espina de Pescado estimula un pensamiento divergente. Esto ayuda a mantener un enfoque abierto y a no perder ninguna causa posible.

**Cómo**

- ✓ Dibuje un diagrama de Espina de Pescado tal como se ilustró anteriormente, colocando la
- ✓ Causa Cercana a la “cabeza” del diagrama de Espina de Pescado.
- ✓ Llene el diagrama de Espina de Pescado contestando la pregunta "qué podría causar el problema?"
- ✓ Mires las causas en cada una de las áreas anotadas: Proceso, Humana / Sistemas Interfaz, Equipo y Materiales, y Procedimientos.

**3.2.3.4.6 HERRAMIENTA: Árbol Lógico de Fallas**

Figura 18. Árbol lógico de Fallas



Fuente: <http://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresourcessp/spstpfaulttree.pdf>

**Qué** La herramienta de Árbol Lógico de falla permite representar gráficamente las Relaciones de Causa y efecto que nos conduce a descubrir los eventos de falla y cuál fue la causa raíz del Problema.

**Cuándo** Como la primera etapa del Análisis de Causa Raíz. Luego de terminar con el planteamiento de un Problema y con la Descripción del Problema.

**Por qué** Nos permite comprender un patrón en un “mar de caos”. Es un proceso ordenado donde Las hipótesis son verificadas con base en hechos, lo cual facilita la identificación de las causas Raíces Física, Humana y Latente.

### **Cómo**

- ✓ **Describir el evento de Falla**, encabezando el diagrama especifique la falla funcional del equipo o sistema, es decir, la forma como se observó la detención o parada del equipo o sistema.
- ✓ **Describir los Modos de Falla**, que orinaron el evento de falla. Estos modos de falla son las evidencias físicas de la pérdida de la funcionalidad de un equipo o sistema; se sugiere no descartar los modos de falla que parezcan extraños, siempre y cuando tengan criterios bien fundamentados.
- ✓ **Identifique todas las hipótesis que dieron origen al modo de falla. (el como)**. Haga uso de la *Herramienta de Lluvia de Ideas*, consulta con expertos, fallas similares ocurridas en el pasado, etc.
- ✓ **Determine y verifique las causas físicas / inmediatas (causas directas)**. Para determinar las causas de la falla, es de utilidad preguntarse: Cuando Ocurre?, A qué Hora Ocurre?, Qué Efectos Tiene?, Por Que Ocurre?, Que Condiciones Especiales se Presentaron o Existían y Qué Modificaciones se han Realizado? y Cómo Ocurre?.
- ✓ **Determine y verifique las causas raíz humanas**. Utilice como guía la *Herramienta de Lista Técnica de Análisis Sistemática de Causas*. para identificar los **Factores Personales** relacionados con las causas físicas.
- ✓ **Determine y verifique las causas raíz latentes** Utilice como guía la *Herramienta de Lista Técnica de Análisis Sistemática de Causas*. para identificar los **Factores de Trabajo** relacionados con las causas humanas.

#### **3.2.3.4.7 HERRAMIENTAS: Lista de Verificación de la Interrelación Humana/ Sistemas**

**Tabla 2. Tablas TACS Técnica de Análisis Sistemática de Causas.**

<b>FACTORES PERSONALES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Capacidad Física/Fisiológica</b></li> <li>- Otras incapacidades físicas temporales.</li> <li>- Incapacidades temporales</li> <li>- Altura, peso, talla, fuerza, alcance, etc., inadecuados</li> <li>- Capacidad de movimiento corporal limitada</li> <li>- Capacidad limitada para mantenerse en determinadas posiciones corporales</li> <li>- Sensibilidad a ciertas sustancias o alergias.</li> <li>- Sensibilidad a determinados extremos sensoriales (temperatura, sonido, etc.)</li> <li>- Visión defectuosa</li> <li>- Audición defectuosa</li> <li>- Otras deficiencias sensoriales (tacto, gusto, olfato, equilibrio)</li> <li>- Incapacidad respiratoria</li>   <li>• <b>Capacidad Mental/Sicológica</b></li> <li>- Temores y fobias</li> <li>- Problemas emocionales</li> <li>- Enfermedad mental</li> <li>- Nivel de inteligencia</li> <li>- Incapacidad de comprensión</li> <li>- Falta de juicio</li> <li>- Escasa coordinación</li> <li>- Bajo tiempo de reacción</li> <li>- Aptitud mecánica deficiente</li> <li>- Baja aptitud de aprendizaje</li> <li>- Problemas de memoria</li>   <li>• <b>Tensión Física o Fisiológica</b></li> <li>- Lesión o enfermedad</li> <li>- Fatiga debido a la carga o duración de la tarea</li> <li>- Fatiga debido a la falta de descanso</li> <li>- Fatiga debido a sobrecarga sensorial</li> <li>- Exposición a riesgos contra la salud</li> <li>- Exposición a temperaturas extremas</li> <li>- Insuficiencia de oxígeno</li> <li>- Variaciones en la presión atmosférica</li> <li>- Insuficiencia de azúcar en la sangre</li> <li>- Ingestión de drogas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Falta de Conocimiento</b></li> <li>- Falta de Experiencia</li> <li>- Orientación deficiente</li> <li>- Entrenamiento inicial inadecuado</li> <li>- Reentrenamiento insuficiente</li> <li>- Ordenes mal interpretadas</li>   <li>• <b>Falta de Habilidad</b></li> <li>- Instrucción inicial insuficiente</li> <li>- Práctica insuficiente</li> <li>- Operación esporádica</li> <li>- Falta de preparación</li>   <li>• <b>Tensión Mental o Sicológica</b></li> <li>- Sobrecarga emocional</li> <li>- Fatiga debida a la carga o las limitaciones de tiempo de la tarea mental</li> <li>- Obligaciones que exigen un juicio o toma de decisiones externas</li> <li>- Rutina, monotonía, exigencias para un cargo Sin trascendencia.</li> <li>- Actividades "insignificantes" o "degradantes"</li> <li>- Ordenes confusas</li> <li>- Solicitudes conflictivas</li> <li>- Preocupación debido a problemas</li> <li>- Frustraciones</li> <li>- Enfermedad mental</li>   <li>• <b>Motivación inadecuada</b></li> <li>- El desempeño subestándar es más gratificante</li> <li>- El desempeño estándar causa desagrado</li> <li>- Falta de incentivos</li> <li>- Demasiadas frustraciones</li> <li>- Falta de desafíos</li> <li>- No existe intención de ahorro de tiempo y esfuerzo</li> <li>- No existe interés para evitar la incomodidad</li> <li>- Sin interés por sobresalir</li> <li>- Presión indebida de los compañeros</li> <li>- Ejemplo deficiente por parte de la supervisión</li> </ul>

**HERRAMIENTAS: TACS Técnica de Análisis Sistemática de Causas. (Continua)**

<b>FACTORES DE TRABAJO (MEDIO AMBIENTE LABORAL)</b>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Liderazgo y supervisión inadecuados</b></li> <li>- Relaciones jerárquicas poco claras o conflictivas</li> <li>- Asignación de responsabilidades poco claras o conflictivas</li> <li>- Delegación insuficiente o inadecuada</li> <li>- Definir políticas, procedimientos, prácticas o líneas de acción inadecuadas</li> <li>- Formulación de objetivos, metas o estándares que ocasionan conflictos</li> <li>- Programación o planificación del trabajo insuficiente</li> <li>- Instrucción, orientación y/o entrenamiento insuficientes</li> <li>- Entrega insuficiente de documentos de consulta, de instrucciones y de publicaciones guías</li> <li>- Análisis y panoramas de riesgos mal elaborados</li> <li>- Falta de conocimiento en el trabajo de supervisión/administración</li> <li>- Ubicación inadecuada del trabajador de acuerdo a sus cualidades y a las exigencias que demanda la tarea</li> <li>- Medición y evaluación deficientes del desempeño</li> <li>- Retroalimentación deficiente o incorrecta en relación con el desempeño</li> <li>• <b>Ingeniería Inadecuada</b></li> <li>- Evaluación insuficiente de las exposiciones a pérdidas</li> <li>- Preocupación deficiente en cuanto a los factores humanos/ergonómicos</li> <li>- Estándares, especificaciones y/o criterios de diseño inadecuados</li> <li>- Control e inspecciones inadecuados de las construcciones</li> <li>- Evaluación deficiente de la condición conveniente para operar</li> <li>- Evaluación deficiente para el comienzo de una operación Evaluación insuficiente respecto a los cambios que se produzcan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mantenimiento Inadecuado</b></li> <li>- Aspectos preventivos inadecuados para: <ul style="list-style-type: none"> <li>... evaluación de necesidades</li> <li>... lubricación y servicio</li> <li>... ajuste/ensamblaje</li> <li>... limpieza o pulimento</li> </ul> </li> <li>- Aspectos correctivos inapropiados para: <ul style="list-style-type: none"> <li>... comunicación de necesidades</li> <li>... programación del trabajo</li> <li>... revisión de las piezas</li> <li>... reemplazo de partes defectuosas</li> </ul> </li> <li>• <b>Herramientas y Equipos Inadecuados</b></li> <li>- Evaluación deficiente de las necesidades y los riesgos</li> <li>- Preocupación deficiente en cuanto a los factores humanos/ergonómicos</li> <li>- Estándares o especificaciones inadecuadas</li> <li>- Ajustes / reparación / mantenimiento deficientes</li> <li>- Sistema deficiente de reparación y recuperación de materiales</li> <li>- Eliminación y reemplazo inapropiados de piezas defectuosas</li> <li>• <b>Estándares de Trabajo</b></li> <li>- Desarrollo inadecuado de normas para: <ul style="list-style-type: none"> <li>... inventario y evaluación de las exposiciones y necesidades</li> <li>... coordinación con quienes diseñan el proceso</li> <li>... estándares/procedimientos/reglas inconsistentes</li> </ul> </li> <li>- Comunicación inadecuada de las normas: <ul style="list-style-type: none"> <li>... publicación</li> <li>... distribución</li> <li>... adaptación al Español</li> <li>... entrenamiento</li> <li>... Reforzamiento mediante afiches, código de colores y ayudas para el trabajo</li> </ul> </li> <li>- Administración inadecuada de las normas <ul style="list-style-type: none"> <li>... actualización</li> <li>... control de uso de normas, procedimientos y reglamentos</li> </ul> </li> </ul>
--	--

**HERRAMIENTAS: TACS Técnica de Análisis Sistemática de Causas. (Continua)**

**• FACTORES DE TRABAJO (MEDIO AMBIENTE LABORAL) CONT**

<p><b>• Adquisiciones Inadecuadas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificaciones deficientes en cuanto a los requerimientos</li> <li>- Investigación insuficiente respecto a los materiales y equipos</li> <li>- Especificaciones deficientes para los vendedores</li> <li>- Modalidad o ruta del embarque inadecuada</li> <li>- Inspecciones de recepción y aceptación deficientes</li> <li>- Comunicación inadecuada de las informaciones sobre aspectos de seguridad industrial y salud</li> <li>- Manejo inadecuado de los materiales</li> <li>- Almacenamiento inadecuado de los materiales</li> <li>- Transporte inadecuado de los materiales</li> <li>- Identificación deficiente de los ítems que implican riesgos</li> <li>- Sistemas deficientes de recuperación o de eliminación de desechos</li> </ul>	<p><b>• Uso y Desgaste</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificación inadecuada del uso</li> <li>- Prolongación excesiva de la vida útil del elemento</li> <li>- Inspección y/o control deficientes</li> <li>- Sobrecarga o proporción de uso excesiva</li> <li>- Mantenimiento deficiente</li> <li>- Empleo del elemento por personas no calificadas o sin preparación</li> <li>- Empleo en propósitos para los que no fue diseñado</li> </ul>
---	--

**Fuente:** <http://share.pdfonline.com/f1dfe2fbcf5f47eab0f27806566b6645/114618266-TASC-DNV.htm>

**Qué** Estos listados de verificación de la interfaz humana / sistemas están basados en la creencia de que: los humanos no se comprometen intencionalmente en actos estúpidos o irracionales.

**Cuándo** Utilícese siempre que haya participación humana.

**Por qué** Para asegurar el enfoque en la Causa y no en la culpa.

**Cómo** Utilice la hoja de revisión anterior para desarrollar la lista de Causas Posibles. Se puede usar sola o con el Diagrama de Espina de Pescado.

### 3.2.4 FASE IV: DESARROLLO DE LA SOLUCION

#### 3.2.4.1 Generalidades

**En esta sección** La fase final del Proceso de Solución de Problemas es el Desarrollo de la Solución. La tarea de Desarrollo de la Solución es determinar:

***“Qué hacemos para eliminar la causa,..... las causas raíz descubiertas en el Análisis de Causa Raíz?***

El proceso de desarrollo de la solución descrito en esta sección suministra un método para: especificar lo que se debe cumplir; especificando los requerimientos

mínimos de solución; evaluando y comparando las soluciones; y entendiendo los beneficios y los riesgos asociados con esta solución. La adherencia a este proceso no solo garantizará que las soluciones abordan la causa. También garantizará que las soluciones no sean la causa de problemas futuros.

### 3.2.4.2 PASO 8: SELECCIÓN DE CRITERIOS

**Objetivo (por qué)** El objetivo de la Selección de Criterios es definir los factores específicos que deben ser satisfechos por la solución. También provee una definición y un acuerdo común sobre qué queremos lograr y lo que es aceptable. Esto a su vez, nos permite comparar las diferentes opciones de solución de manera objetiva puesto que siempre hemos definido las necesidades y deseos del resultado deseado.

**Proceso (cómo)** El proceso de desarrollo de la Selección de Criterios es cuestión de:

Definir Metas Requeridas (Deberes) y Metas Deseadas (Deseos):

*Definir las **Metas Requeridas** preguntando:*

- ✓ "Qué debe lograr la solución?"
- ✓ "Qué debe evitar la solución?"
- ✓ "Qué debe mantener la solución?"

*Definir las **Metas Deseadas** preguntando:*

- ✓ "Qué desea que la solución ideal alcanzara?"
- ✓ "Qué desea que solución ideal evitara?"
- ✓ "Qué desea que la solución ideal mantenga?"

### 3.2.4.3 PASO 9: ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

**Propósito (por qué)** El propósito de generar diferentes Alternativas de Solución es poder asegurar que se tome una visión más amplia. Por ejemplo, algunas veces la solución "ideal" (satisface todas nuestras necesidades y deseos) pero está más allá de nuestro alcance financiero. Sin embargo, una solución que satisfaga nuestros requerimientos mínimos (necesidades) puede justificar los costos. Igualmente, hay varias formas de resolver problemas. **Este paso se centra en la búsqueda de soluciones en otros sitios además de la "actualización del hardware", o de "equipo nuevo y mejorado". Algunas veces**

*no es la trampa para ratones la que se debe reemplazar... seguramente sólo necesitará una ubicación diferente o revisar un procedimiento de configuración*

**Proceso (cómo)** Se debe desarrollar una serie de alternativas de solución al nivel de concepto. Como mínimo, trate de desarrollar una o más alternativas para cada una de las siguientes categorías.

- ✓ Proyecto Capital
- ✓ Proyecto no Capital
- ✓ Cambio de Procedimiento / Documentación
- ✓ Capacitación: Habilidades / Conocimiento
- ✓ Status Quo (Ningún Cambio)
- ✓ Combinación de los anteriores

#### **3.2.4.4 PASO 10: Identificación de la Decisión**

**Objetivo (Por qué)** El Planteamiento de la Decisión suministra el enfoque para todo lo que sigue. El objetivo del planteamiento de la decisión es garantizar un entendimiento común de lo que se debe cumplir. Un Acuerdo sobre el Planteamiento de la decisión evitará trabajar en el problema incorrecto. Lo más importante, el planteamiento de la decisión es una conexión crítica entre RCA y el desarrollo de la solución. El planteamiento de la solución debe conectarse a la causa para que la solución elimine la causa.

**Proceso (cómo)** Escribir y revisar la causa raíz y preguntar:

- ✓Cuál es el objeto / el asunto?
- ✓Cuál es la acción deseada?
- ✓Cuál es el resultado que se pretende obtener de la acción? (en términos de: cuánto, cuál, qué propósito)

#### **3.2.4.5 PASO 11: ANÁLISIS DE LA DECISIÓN**

**Propósito (por qué)** El propósito del Análisis de Decisión es proporcionar los medios para determinar la "**Alternativa Mejor Equilibrada**". Esa es la alternativa que satisface todos los requisitos mínimos e impone el menor riesgo de crear otros problemas. Al utilizar las herramientas descritas en esta sección, usted y su equipo podrán tomar decisiones con base en los requerimientos y hechos acordados y no basados en opiniones.

**Proceso (cómo)** Las dos herramientas principales utilizadas en el Análisis de Decisión se mencionan en el siguiente proceso de sub-pasos.

<b>SUB-PASO</b>	<b>HERRAMIENTA</b>
Compare los beneficios de cada Alternativa de Solución frente a los Criterios Seleccionados. Elimine las alternativas que no satisfagan <b>todos</b> los "Debe".	Cuadrícula de selección
Tome 2 o 3 alternativas con el puntaje ponderado más alto y evalúe el riesgo asociado a su implementación.	Planeación de la Prevención (matriz de riesgo)
Con el puntaje ponderado y la matriz de riesgo, seleccione la <b>Alternativa Mejor Equilibrada</b> . Es decir la alternativa con el beneficio más alto y el riesgo más bajo.	Cuadrícula de selección de la planeación de la prevención (matriz de riesgo)

### 3.2.4.5.1 HERRAMIENTAS: GENERALIDADES

**En esta Sección** se describen las siguientes herramientas.

- ✓ Plantilla de Selección
- ✓ Galería de Ideas Para Soluciones
- ✓ Planeación de la Prevención

**Cuando se debe utilizar** Los usos recomendados están enumerados en cada uno de los pasos del proceso.

### 3.2.4.5.2 HERRAMIENTA: Plantilla de Selección

**Tabla 3. Plantilla de selección de alternativas**

Criterio de Solución		ALTERNATIVAS							
Deberes/Necesidades		Alt. A		Alt. B		Alt. C		Alt. D	
Debe Lograr									
Debe Mantener									
Debe Evitar									
DESEOS	Ponderación	Puntaje neto	Puntaje ponderado	Puntaje neto	Puntaje ponderado	Puntaje neto	Puntaje ponderado	Puntaje neto	Puntaje ponderado
Deseo 1									
Deseo 2									
Deseo 3									
Deseo 4									
<b>Puntaje Total Ponderado</b>									

Fuente: Ecopetrol S.A Manual para la aplicación de la Metodología de Análisis de Causa Raíz para la solución de problemas

**Qué** Una herramienta para combinar y comparar varias alternativas de solución con los criterios de selección previamente acordados.

**Cuando** Durante la fase de desarrollo de la solución.

**Por que** proporciona un medio objetivo para comparar las diferentes clases de soluciones frente a una comparación cuantitativa subjetiva.

**Como**

- ✓ Compare cada alternativa de solución con el criterio DEBE. Si alguno de los DEBE no se cumplen, entonces esa alternativa se elimina de la lista
- ✓ Compare cada alternativa de solución con el criterio DESEO otorgando un puntaje neto de 0 a 10 (10 es lo mejor) / o utilice -5 hasta +5 donde 0 es igual a sin efecto.
- ✓ Calcule el puntaje ponderado de cada criterio multiplicando el puntaje neto por el ponderado. Escriba el resultado en la columna de puntaje Ponderado.
- ✓ Calcule el Puntaje Total Ponderado de cada Alternativa sumando el puntaje de la columna de ponderado.

**3.2.4.5.3 HERRAMIENTA: Galería de Ideas para Obtener Soluciones**

**Qué** Una versión modificada de una lluvia de ideas.

**Cuando** Se utiliza para la generación de alternativas de solución. Especialmente cuando en un equipo hay diferentes niveles de autoridad y / o experiencia, la gente no se conoce entre sí y no es tan extrovertida: la estructura le brinda a todos una oportunidad para participar.

**Por qué** Para ayudar en la generación de una variedad de alternativas de solución. Para ayudar a salir del modo de "reemplazarlo por uno nuevo es la única respuesta".

### **Cómo**

- ✓ Ubique papelógrafos e identifique cada uno con los siguientes títulos o tópicos:
  - Reglas / Requerimientos / Expectativas
  - Métodos / Procedimientos / Pasos de Acción
  - Equipos / Instalaciones: Agregar / Revisar / Reemplazar
  - Estándares: Diseño / Reparación
  - Comunicación
  - Otros ...
  
- ✓ En grupos de dos o individualmente, pase de un papelógrafo a otro y piense en posibles soluciones (más o menos como si estuviera en una galería de arte) y escribalas en el papelógrafo.
  
- ✓ Revise los papelógrafos: combine ideas similares donde quiera que sea posible, aclare ideas en caso de ser necesario, y decida sobre varias de ellas como Alternativas de Solución

#### **3.2.4.5.4 HERRAMIENTA: Planeación de la Prevención**

**Qué** Es un proceso para planear con antelación con el fin de prevenir problemas futuros que podrían resultar en la implementación de la solución. Proporciona una forma de evaluar el riesgo de la implementación desde el punto de vista del ÉXITO como desde el punto de vista de la seguridad.

**Cuándo** Después de terminar la plantilla de selección.

**Por qué** El paso de planeación de la prevención es necesario porque la alternativa con el puntaje ponderado más alto no siempre es el mejor en términos de SEGURIDAD o ÉXITO.

### **Cómo**

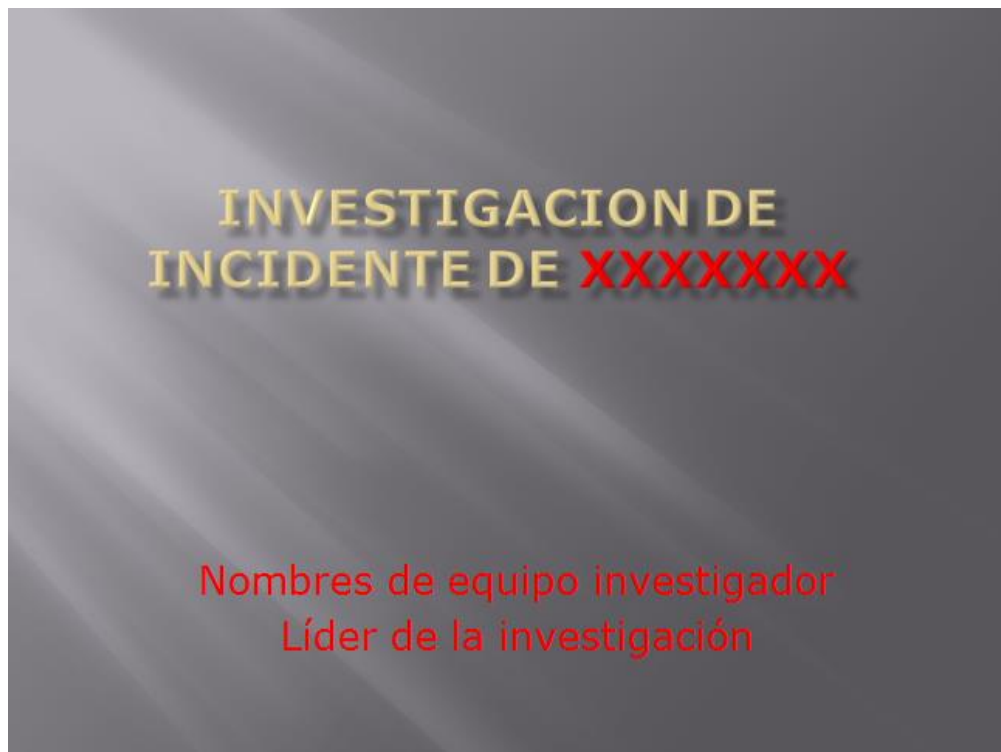
- ✓ Evalúe los factores relativos de **ÉXITO** y **SEGURIDAD** de cada alternativa que cumpla con todos los criterios DEBE.
- ✓ Para evaluar el factor de ÉXITO, responda lo siguiente:

***¿QUÉ PODRÍA SALIR MAL?***

- *¿Qué requerimientos hemos olvidado para el éxito?*
- *¿Qué factores en la organización podrían impedir la implementación?*
- *¿Cuales regulaciones nuevas podrían afectar el éxito a largo plazo?*
- Si alguno de estos temas no puede ser resuelto, la alternativa de solución se debe eliminar del listado.

#### 4 PLANTILLA PARA PRESENTAR EL INFORME FINAL

Se relaciona una plantilla para la entrega final del informe, siendo una guía para la exposición de datos, causas y circunstancias documentales sobre tema RCA, lo que le convierte en una herramienta de trabajo muy importante y se confecciona con el propósito de transmitir información al objeto de facilitar la gestión o toma de decisiones de la gerencia.



## CONTENIDO

1. Metodología de Investigación
2. Generalidades del evento
3. Descripción del Evento
4. Cronología de tiempos y eventos.
5. Valoración del impacto: Valoración según Matriz RAM
6. Descripción del impacto.
7. Valoración de los costos del accidente.
8. Análisis de evidencias e Identificación de Causas
  - Árbol de Fallas
9. Clasificación de Causas
  - Causas Inmediatas
  - Causas Básicas
10. Plan de Acción
11. Lecciones aprendidas.
12. Anexos

## METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN



## GENERALIDADES DEL EVENTO

- **Evento:** Que ocurrió
- **Ubicación:** Lugar /sitio de ocurrencia.
- **Fecha y Hora:** día/mes/año hora xxx
- **Afectación:**
- **Personas:**
  - **Lesionados:** Numero de personas afectadas sean trabajadores, visitantes o de terceros
  - **Fatalidades:** Numero de victimas sean trabajadores, visitantes o de terceros
- **Ambiente:**
  - **Áreas y elementos afectados:** Descripción corta
  - **Volumen derramado:** Cantidad en Barriles
  - **Comunidad afectada:** Si o No
- **Daño a la propiedad:**
  - **Procesos:** Describir los procesos afectados
  - **Equipos:** Describir los equipos afectados
  - **Producto:** Cantidad
- **Costo Total:** Valor en pesos colombianos
- **Valoración RAM:** Según matriz RAM (Consecuencias reales)

## DESCRIPCION DEL EVENTO

Realizar una descripción general del evento: **Que, Como, Cuando, Donde**, sin llegar a determinar causalidad.

## ANTECEDENTES-CRONOLOGIA DE TIEMPOS Y EVENTOS

Escriba la secuencia de los eventos mas relevantes que sucedieron antes, durante y después del accidente y relaciónelos en el tiempo, inclusive aquellos que hayan ocurrido tiempo atrás pero que pueden estar relacionados con el incidente.

## EVALUACION DEL IMPACTO= VALORACION MATRIZ

MATRIZ RAM

CONSECUENCIAS					PROBABILIDAD					
Personas	Economica	Ambiental	Cientes	Imagen de la Empresa		A	B	C	D	E
						No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al año en el área
Una o mas fatalidades	Catastrofica > \$10M	Masivo	Vebo como proveedor	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Mayor	Pérdida de participacion en el mercado	Nacional	4	L	M	H	H	H
Incapacidad temporal (>1 día)	Severo \$100k a \$1M	Localizado	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N	L	H	M	H
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10k a \$100k	Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N	N	N	L	M
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal <\$10k	LEVE	Incumplir especificaciones	tema	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

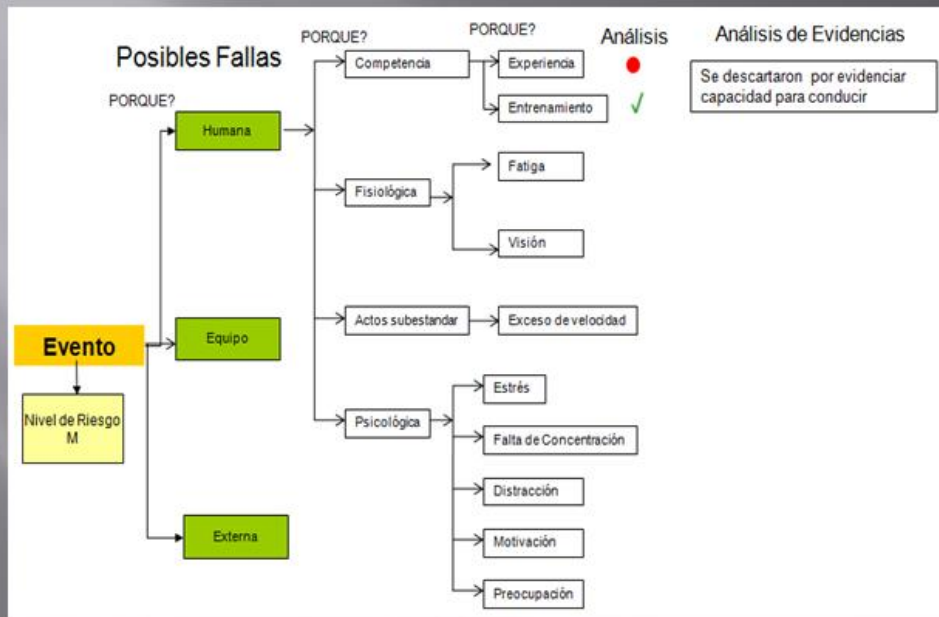
## DESCRIPCION DE LAS CONSECUENCIAS

- **Afectación:**
- **Personas:**
  - **Lesionados:** Numero y Nombre de las personas afectadas sean trabajadores, visitantes o de terceros
  - **Fatalidades:** Numero y Nombre de las víctimas sean trabajadores, visitantes o de terceros
- **Ambiente:**
  - **Áreas y elementos afectados:** Describa detalladamente la afectación
  - **Volumen derramado:** Cantidad en Barriles
  - **Comunidad afectada:** Describa número, el tipo y describa la afectación
- **Daño a la propiedad:** Describa los bienes afectados sean propios o de terceros
  - **Procesos:** Describir los procesos afectados
  - **Equipos/bienes :** Describir los equipos/bienes afectados
  - **Producto:** Cantidad y descripción del producto
- **Costo Total:** Valor en pesos colombianos, describa todos los costos: Incapacidades, reemplazos, indemnizaciones, tratamiento médico, daños materiales, costos de atención de la emergencia, compensaciones, reforestaciones, biorremediaciones, entrenamientos, lucro cesante, daño de producto, reprocesos etc.
- **Valoración RAM:** Según matriz RAM (Consecuencias reales)

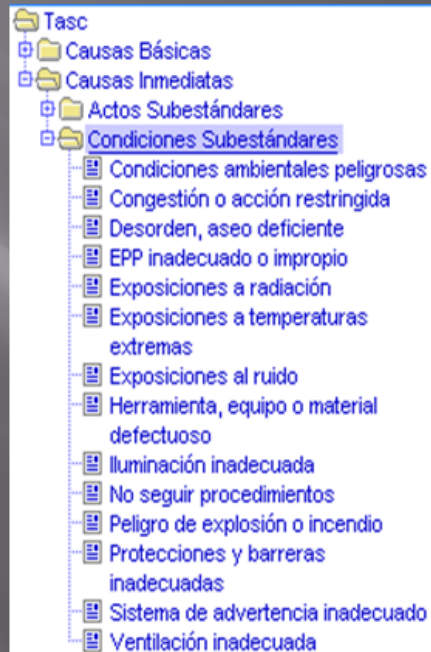
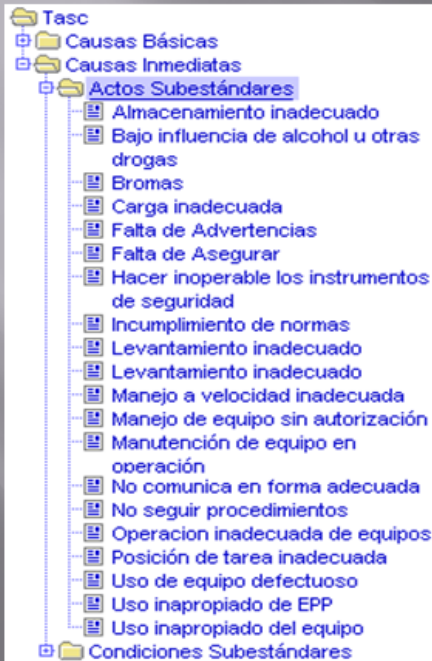
## VALORACION DE COSTOS Y PERDIADAS

ITEM	UNID.	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (M\$)	VALOR TOTAL M\$
1. Generalidades				
Alquiler servicios de comunicación Avantel (1)	UN			
Hidratación y alimentación personal de atención.	S/ Persona			
Servicios Monitoreo calidad de agua/aire/suelo	UN			
Pauta radial de aviso a la comunidad por eventos	GB			
Gastos representación autoridades	GB			
Valor deducible póliza seguros y valor adicional si se excede (2)	GB			
Lucro Cesante	GB			
Costos de atención a terceros afectados por el accidente (Alimentación, alojamiento, transporte)				
Costo de material perdido, si aplica				
Costos de compensación por daño ambiental a terceros				
Costos por sanciones, multas u obligaciones generadas por la autoridades ambientales (corrección y compensación)				
Otros				

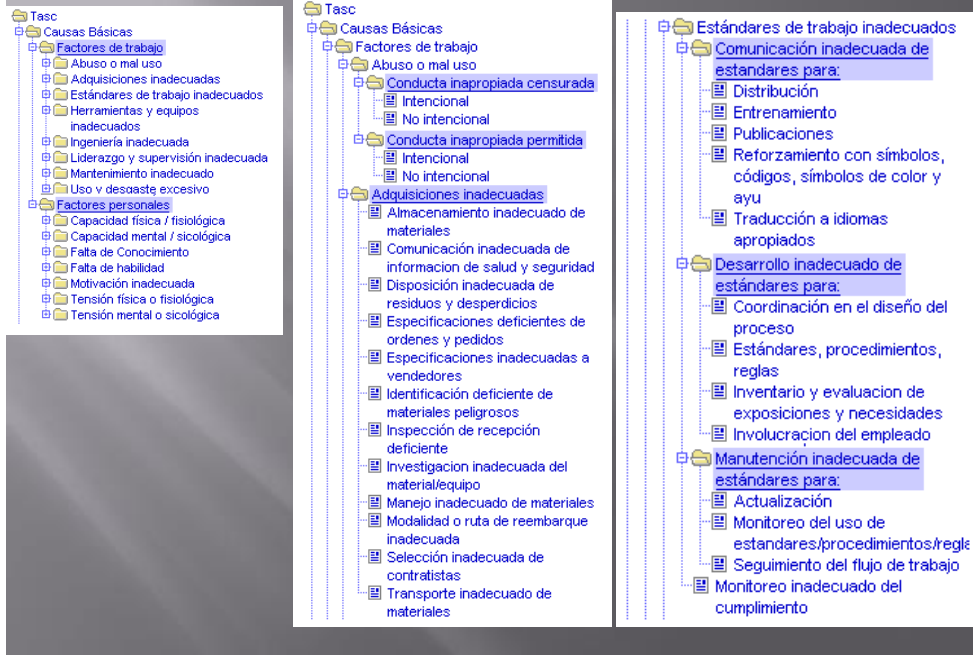
## ANÁLISIS DE EVIDENCIAS E IDENTIFICACION DE CAUSAS



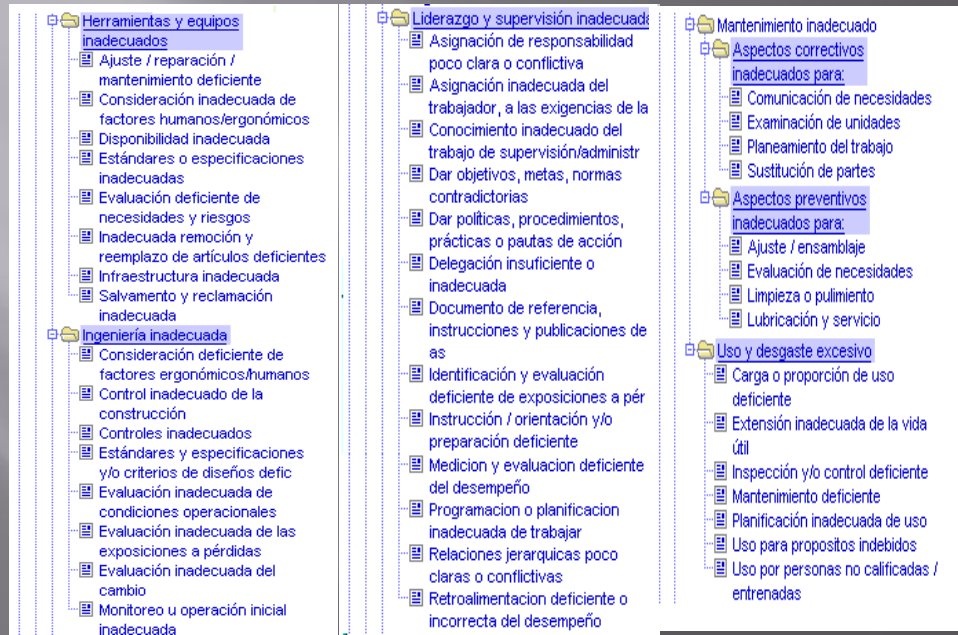
## MODELO DEL TASC- CAUSAS INMEDIATAS



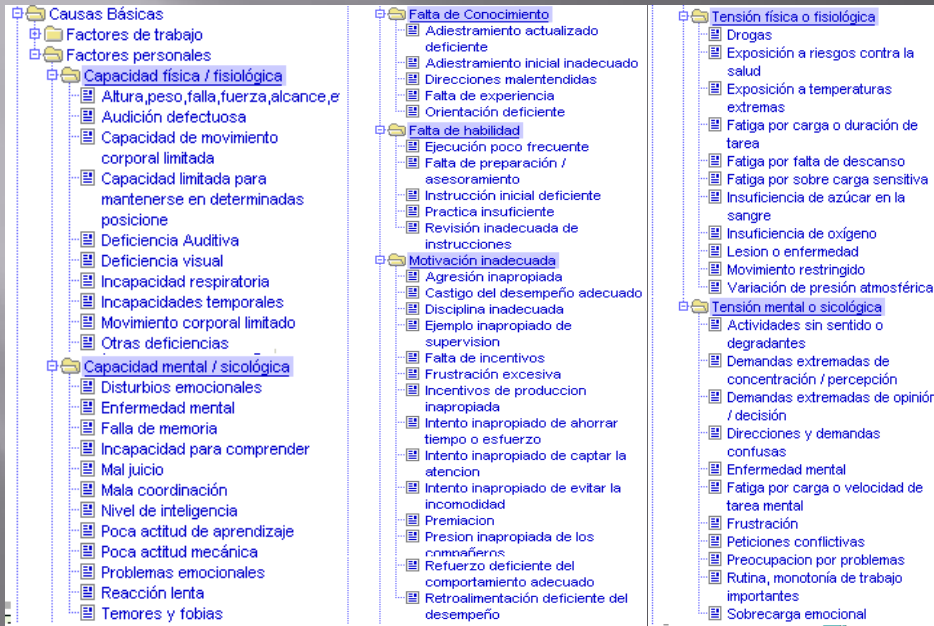
## MODELO TASC- CAUSAS BASICAS



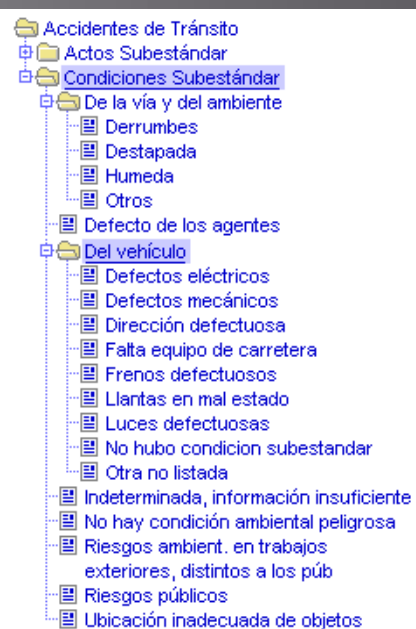
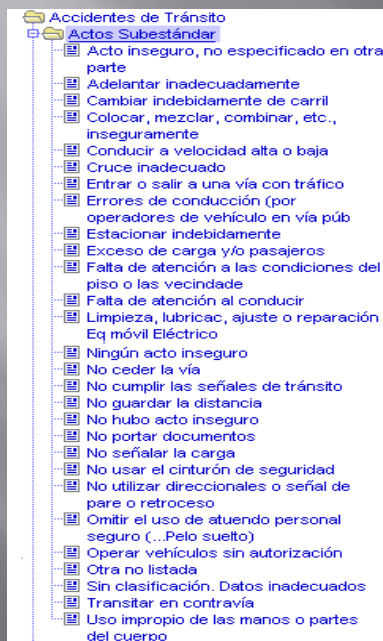
## MODELO TASC- CAUSAS BASICAS



## MODELO TASC- CAUSAS BASICAS



## EVALUACION DEL IMPACTO= VALORACION MATRIZ



## CLASIFICACION DE LAS CAUSAS

### Causas Inmediatas

**Actos Subestandar:**

1.XXXXX

**Condiciones Subestandar:**

2.XXXXX

Relacione una a una las causas inmediatas identificadas con su descripción.

Ver relación de causalidad según formato ECP - DHS - 021

## CLASIFICACION DE LAS CAUSAS

### Causas Básicas

**Factores Personales:**

1.XXXXX

**Factores de trabajo:**

2.XXXXX

Relacione una a una las causas Básicas identificadas con su descripción.

Ver relación de causalidad según formato ECP - DHS - 021

## CLASIFICACION DE LAS CAUSAS

### Causas Básicas

Factores Personales:

1.XXXXX

Factores de trabajo:

2.XXXXX

Relacione una a una las causas Básicas identificadas con su descripción.

Ver relación de causalidad según formato ECP - DHS - 021

## FORMULACION DE ACCIONES

Causa	Acción	Responsable	Fecha de Cierre

Estructure el plan de acción para eliminar las causas inmediatas y básicas que ocasionaron el accidente.

Nota: las acciones deben de garantizar la no ocurrencia de accidentes similares

## LECCION POR APRENDER

- Estructure la lección aprendida

## APROBACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Después de evaluar el análisis de la investigación del accidente de xxxxxxx  
xxxxxx xxxxxxx y conforme con su resultado, la apruebo y entrego copia a  
todas las partes involucradas para la implementación del plan de acción.

Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxx  
Reg. xxxxxxxxx  
Responsable de Incidente

## ANEXOS

Adjunte y relacione todos los anexos utilizados en la investigación como:

Flash Informativo

Reporte inicial

Notificación inmediata.

Investigación de Incidentes

Reporte Inicial de derrames

Aviso al juez de la ocurrencia de un accidente, dando cumplimiento al artículo

220-1 de CST: *“ Para los efectos de información en la controversia a que pueda dar lugar el accidente, cualquiera que sean sus consecuencias, el patrono debe dar un aviso suscrito por él o por quien lo represente, al juez del trabajo del lugar, o en su defecto al juez municipal, donde conste el día, hora y lugar del accidente, cómo se produjo, quienes lo presenciaron, el nombre de la víctima, el salario que devengaba el día del accidente, y la descripción de la lesión o perturbación, firmada por el facultativo que asista al trabajador.”*

Evidencias recolectadas: entrevistas, registros fotográficos, conceptos etc.

Memorando y/o correo electrónico de nombramiento de equipo de investigación



## 5 EJEMPLO PARA LA IMPLEMENTACION DEL RCA

El Análisis de Causa Raíz (RCA) es una metodología universal con un enfoque estructurado que permite identificar los factores que condujeron a una falla, localizar, corregir o eliminar la causa raíz e identificar las conductas, acciones, omisiones o condiciones que requieren ser modificadas para prevenir que esta situación no vuelva a presentarse, identificando las lecciones que deben ser aprendidas para obtener una mayor confiabilidad del proceso es un requisito para la mejora continua del sistema de calidad.

La Metodología de Análisis de Causa Raíz describe los conceptos básicos a considerar para la realización de cada paso del RCA, desde la conformación del equipo, hasta el diseño, implementación y evaluación del plan de acción, a continuación se muestra un ejemplo aplicado a la vida real “ Incidente Ambiental Fuga por Tea de la Batería Toy”<sup>5</sup> donde se utilizó la metodología y permitió tener buenos resultados por que se llevo a la verdadera causa que ocasionó la falla, y a la compañía a tomar acciones para la mejora de los procesos y la preservación del medio ambiente.

---

<sup>5</sup> Ecopetrol S.A. Investigación Incidente Ambiental Fuga por Tea de la Batería Toy.

# INVESTIGACIÓN INCIDENTE AMBIENTAL FUGA DE HIDROCARBURO POR TEA DE LA BATERIA TOY

## EQUIPO INVESTIGADOR

Participantes <i>(Personas que participaron en el equipo investigador)</i>			
Nombre	Rol en el equipo investigador	Cargo	Empresa
Gilberto Suarez Calvo	Líder de la Investigación	Supervisor producción	ECOPETROL
Luis Hector Rodriguez	Soporte Producción	Profesional Producción II	ECOPETROL
José Freddy Calderon	Soporte Producción	Supervisor Producción	MASA
Mario Hernan Pinillo	Soporte Mantenimiento	Supervisor Mantenimiento	MASA
Alvaro Díaz Rojas	Soporte técnico	Técnico Instrumentista A	MASA
Juan Pablo Medina	Soporte HSE	Especialista HSE	MASA
Mabel Oyola Lozano	Soporte HSE	Especialista HSE	BUREAU VERITAS

## CONTENIDO

1. Metodología de Investigación
2. Generalidades del evento
3. Descripción del Evento
4. Cronología de tiempos y eventos.
5. Valoración del impacto: Valoración según Matriz RAM
6. Descripción del impacto.
7. Valoración de los costos del accidente.
8. Análisis de evidencias e Identificación de Causas
  - Árbol de Fallas
9. Clasificación de Causas
10. Plan de Acción
11. Conclusiones
12. Lecciones aprendidas
13. Anexos

## 1. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION



## 2. GENERALIDADES DEL EVENTO

- **Evento:** Incidente ambiental fuga de hidrocarburo por tea de la Batería Toy.
- **Ubicación:** Tea de la Batería Toy.
- **Fecha y Hora:** Agosto 20 de 2013; 5:00 a.m.
- **Afectación:**
  - Personas:**  
No hubo afectación a personas.
  - Ambiente:**  
Fuga de hidrocarburo contenida en el dique impermeabilizado en concreto de la tea.
- **Costo Total:** \$65.444.176 / US36.358 (ver tabla cálculo de costos).
- **Valoración RAM:** E2D= L

## 3. DESCRIPCION DEL EVENTO

El día 20 de 2013 agosto a las 4:45 a.m. aproximadamente, el vigilante de turno de la Batería Toy reporta por radio al operador de la Estación Toldado, que el generador a gas que suministra energía a la Batería Toy se apagó. El operador informa al supervisor de turno, quien comunica al Auxiliar de operación para que se traslade a verificar condiciones al sitio. A las 5:00 a.m. el vigilante reporta nuevamente al operador que evidenció salida de fluido (aguas aceitosas) por la TEA, quien a su vez informa al supervisor de turno y éste, envía al Capataz de la cuadrilla de producción a verificar el evento y tomar acciones.

El volumen de fluido derramado fue aproximadamente de 1 Bbl de fluido con un BS&W del 98%, (aproximadamente 1 gal de crudo) quedando contenido en el dique impermeabilizado de la TEA. No se presentó afectación al medio ambiente, a las personas, materiales o equipos.

### 3.1 VISTA DE LA ACTIVIDAD



Separedor V-401



Toma muestra separador V-401



Dique impermeabilizado tea de la Batería Toy

### 4. CRONOLOGIA DE TIEMPOS Y EVENTOS

Agosto 19 12:00	El operador realizó la inspección a los pozos y batería encontrándose en condiciones normales de operación.
Agosto 20 4:45	El vigilante de la Batería Toy reporta al Operador de la Batería Toldado que el generador a gas que suministra energía a la estación se apagó. El operador informa al Supervisor de turno quien solicita apoyo del Auxiliar para que se desplace desde Ortega hasta Toy, a verificar la salida del generador.
5:00	Nuevamente el vigilante de la Batería Toy reporta, al Operador de la Batería Toldado que se observaba salida de fluido por la tea. El operador informa de inmediato al Supervisor de turno y el contacta al Capataz de la cuadrilla y juntos se dirigen hasta la Batería Toy.
6:00	El Supervisor de turno verifica el evento de la fuga de fluido por la tea, fluido que quedó contenido en el dique impermeabilizado y notifica al Supervisor de Producción de MASA y éste al Ingeniero de control de Producción de Ecopetrol.
6:10	El Capataz verifica que la válvula manual del Bypass de la línea de salida de gas del separador esté cerrada y procedió a cerrar la válvula de entrada del fluido al separador.
6:20	Hacen presencia los Técnicos instrumentistas realizando revisión e inspección de los equipos del separador. Luego junto con la cuadrilla de producción realizan el drenaje de las líneas de gas afectadas.
6:30	La cuadrilla mecánica llega al área a revisar los equipos de la estación y encuentran que el compresor de aire presentó falla quedando fuera de servicio.
8:20	La cuadrilla inicia la limpieza del dique de la tea.

#### 4. CRONOLOGIA DE TIEMPOS Y EVENTOS

12:30	Se termina la limpieza del dique de la tea, drenaje de líneas, y scruber.
Agosto 21 4:45	Se retiró el compresor hasta Toldado y se determinó que la biela se rompió. La estación queda fuera de línea.
08:30	Se Traslada compresor existente en Santa Rita y se instala.
09:00	La cuadrilla de producción desocupó el separador y procedió a abrir el manhole para hacer inspección y limpieza interna, verificando si había algún elemento extraño taponando las salidas de crudo del separador
11:00	Los instrumentistas realizan mantenimiento a las válvulas controladores de crudo y gas. Adicionalmente se hace mantenimiento al Generador, encontrándose el filtro de alimentación de gas lleno de crudo.
15:30	Se da orden de arrancar la estación, prendiendo el generador Back Up Diesel y verificando el buen funcionamiento de toda la instrumentación. Se Arranca primero el pozo Toy-02 y 30 minutos después se arranca el Toy-1. Se determinó asistir la batería las 24 hrs. Con un instrumentista y un operador, hasta que se establezca las condiciones normales de los pozos.

#### 5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO : VALORACION RAM

CONSECUENCIAS					MATRIZ RAM					
					PROBABILIDAD					
Personas	Economica	Ambiental	Clientes	Imagen de la Empresa		A No ha ocurrido en la industria	B Ha ocurrido en la industria	C Ha ocurrido en la Empresa	D Sucede varias veces al año en la Empresa	E Sucede varias veces al año en el área
Una o mas fatalidades	Catastrófica >\$10M	Masivo	Veto como proveedor	Internacional	5	M ○	M ○	H ○	H ○	VH ○
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1Ma \$10M	Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L ○	M ○	M ○	H ○	H ○
Incapacidad temporal (<1 día)	Severo \$100k a \$1M	Localizado	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N ○	L ○	M ○	M ○	H ○
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10k a \$100k	Menor	Cuejas y/o reclamos	Local	2	N ○	N ○	L ○	L ○	M ○
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal <\$10k	Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N ○	N ○	N ○	L ○	L ○
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N ○	N ○	N ○	N ○	N ○

## 6. DESCRIPCION DEL IMPACTO

- **Afectación:**

Personas:

- **Lesionados:** No hubo.
- **Fatalidades:** N.A

Ambiente:

- **Áreas y elementos afectados:** Dique impermeabilizado en concreto de la tea.
- **Volumen derramado:** 1,0 BBL de Fluido de 98% BSW (1 gl de Crudo).
- **Comunidad afectada:** No hubo
- **Consecuencias Económicas**
  - **Procesos:** N/A.
  - **Equipos/bienes :** Daño total del compresor.
  - **Producto:** Diferida por cierre y posterior estabilización de la producción.
- **Costo Total:** \$65.444.176 / US36.358 (ver tabla cálculo de costos).
- **Valoración RAM:** E2D=L

## 7. VALORACION DE COSTOS DEL ACCIDENTE

### PRODUCCIÓN DIFERIDA

Fecha	Produccion día	Potencial	Bls diferidos	U\$ barril	Valor dólar	\$ Costo
20/08/2013	150	150	0	50	1800	0
21/08/2013	90	150	60	50	1800	5400000
22/08/2013	0	150	150	50	1800	13500000
23/08/2013	0	150	150	50	1800	13500000
24/08/2013	41	150	109	50	1800	9810000
25/08/2013	90	150	60	50	1800	5400000
26/08/2013	90	150	60	50	1800	5400000
27/08/2013	100	150	50	50	1800	4500000
<b>TOTAL</b>			<b>639</b>			<b>\$ 57.510.000</b>

## 7. VALORACION DE COSTOS DEL ACCIDENTE

ITEM	UNID.	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL \$
1. Generalidades				
Producción diferida	Bbls	Se dejaron de producir 639 Bbls precio del barnil US50	\$ 90.000	57.510.000
<b>Subtotal</b>				57.510.000

ITEM	UNID.	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL \$
2. Emergencias por Derrames, Escapes, Emisiones de HCS, derivados y/o productos químicos. Medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación asociadas al evento.				
2.1 Recolección y disposición derrame productos líquidos				
Carro vacío	HS	Se utilizó dos horas	\$ 60.000	120.000
Mano de obra calificada (asesores) y no calificada (4)	HS	Un trabajador MO no calificada y 1 MO calificada laboraron 4 horas	160944 21200	643.776 84.800
		Doce horas de dos Técnicos instrumentación	84.400	2.025.600
Material para limpieza	UN	Tela oleofílica	60.000	60.000
Costo del compresor dañado	UN	Daño Total	5.000.000	5.000.000
<b>Subtotal</b>				2.934.176
<b>TOTAL</b>				<b>\$65.444.176</b>

## 8. ANALISIS DE EVIDENCIAS

Tipo de Evidencia	Información requerida	Responsables de recopilación	Sí	No
Posición	Condiciones Normales de operación de los equipos y alineación encontrada de las válvulas del separador.	Equipo investigador	X	
Personas	Declaraciones de testigos (Supervisor de turno, Recorredor, Técnicos instrumentista, mecánicos y Vigilante que reportó el evento).	Equipo investigador	X	
Partes	Ordenes de Trabajo (OT) de los equipos de la estación (Generador, Compresor, Separador y su instrumentación) en el 2013.	Equipo investigador	X	
Papel	Manual de operaciones y planos de la estación .	Equipo investigador	X	

## 8.1 ANTECEDENTES

- Se han realizado mantenimientos preventivos al compresor de aire de la Batería Toy, a continuación se describen fechas de mantenimientos.

112219	MITO SEMESTRAL MOTOR-ARRANCADOR	MTOLCAC401	MCTOELE	02/01/2013	E1604805	Cerrado	08/01/2013
112220	MITO ANUAL INDICADOR PRESION	MTOLCAC401	MCTOINS	02/01/2013	E1604805	Cerrado	08/01/2013
112221	MITO INTERRUPTOR DE PRESION	MTOLCAC401	MCTOINS	02/01/2013	E1604805	Cerrado	08/01/2013
112222	MITO 8000 HR COMP. AIRE IR-242	MTOLCAC401	MCTOMECH	02/01/2013	E1604805	Cerrado	08/01/2013
117487	MITO TRIMESTRAL MOTOR-ARRANCADOR	MTOLCAC401	MCTOELE	02/04/2013	C7702877	Cerrado	16/04/2013
117488	MITO 2000 HR COMP. AIRE IR-242	MTOLCAC401	MCTOMECH	02/04/2013	C7702877	Cerrado	16/04/2013
118820	MONIT/ANALISIS VIBRACIONES SPM Y TEMP	MTOLCAC401	MCTOCBM	12/04/2013	C7702877	Cerrado	22/04/2013
121052	INSF. TERMOGRAFIC TAB ELE COM-MOTORCOMP	MTOLCAC401	MCTOCBM	21/05/2013	C7702877	Cerrado	24/05/2013
124272	MONIT/ANALISIS VIBRACIONES SPM Y TEMP	MTOLCAC401	MCTOCBM	15/07/2013	C7702877	Cerrado	29/07/2013
124273	MITO SEMESTRAL MOTOR-ARRANCADOR	MTOLCAC401	MCTOELE	15/07/2013	C7702877	Cerrado	29/07/2013
124274	INSF. SEMESTRAL INDICADOR PRESION	MTOLCAC401	MCTOINS	15/07/2013	C7702877	Cerrado	29/07/2013
124275	MITO INTERRUPTOR DE PRESION	MTOLCAC401	MCTOINS	15/07/2013	C7702877	Cerrado	29/07/2013
124276	MITO 4000 HR COMP. AIRE IR-242	MTOLCAC401	MCTOMECH	15/07/2013	C7702877	Cerrado	29/07/2013

## 8.1 ANTECEDENTES

- Por información del Personal de Mantenimiento del Campo Toldado, se determinó que al compresor no se le ha hecho ningún tipo de mantenimiento Mayor en el presente año, debido a que no se cuenta en campo con los repuestos mayores (empaquetaduras de culata de alta y baja, retenedores de aceite, anillos y rodamientos de cigüeñal), solo se a sometido a cambios de aceite, revisión de condiciones de correas de transmisión y limpieza/ajuste de elementos de sujeción.
- No se tiene compresor de Back Up en la estación Toy.

EVIDENCIAS ENCONTRADAS



Se observa contaminación línea de gas y del dique impermeabilizado de la tea.



Se observa visor del separador contaminado totalmente.

EVIDENCIAS ENCONTRADAS



Se evidencia goteo de crudo por la válvula reguladora de gas.



Se evidencia fuga de aceite de lubricación por fuera del compresor.



Se zafó correa del Ventilador del compresor.

## EVIDENCIAS ENCONTRADAS



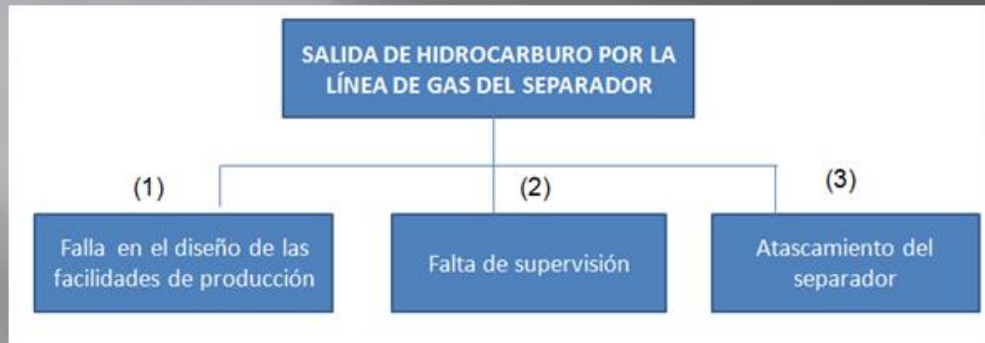
Daño severo (Ruptura) de las 2 bielas del compresor.

## 8.2 ARBOL DE FALLAS

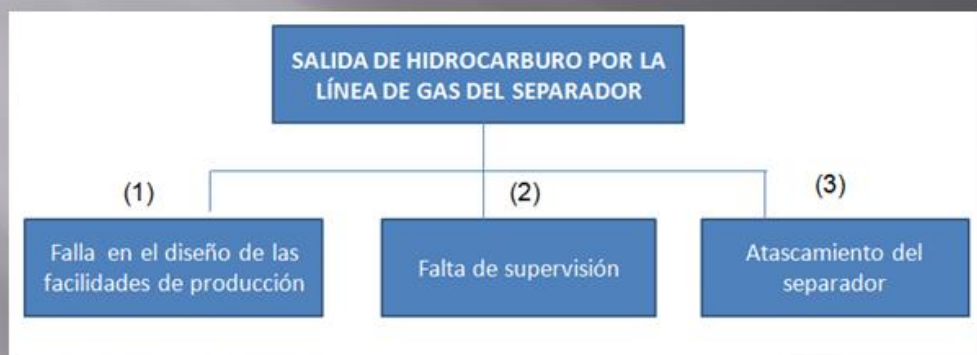
### ANALISIS CAUSA RAIZ



## 8.2 ARBOL DE FALLAS



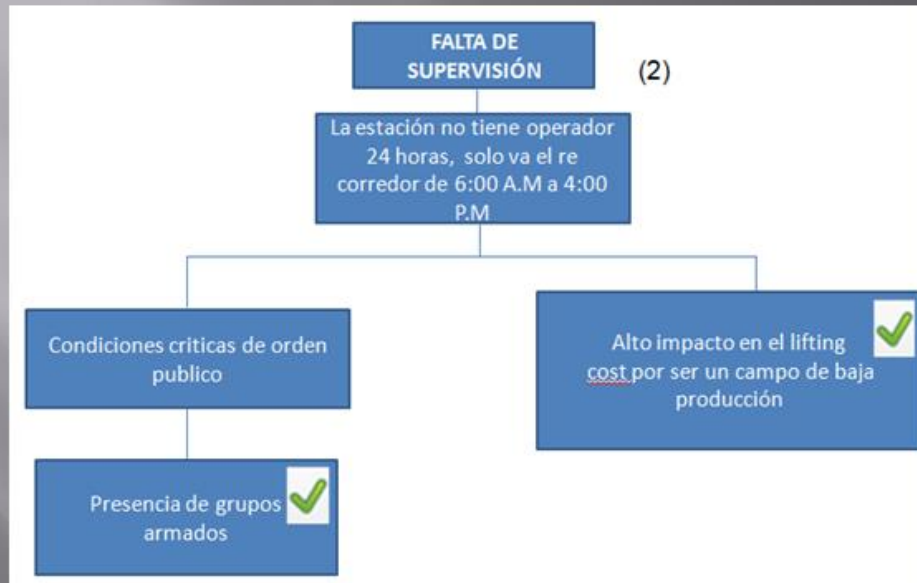
## 8.2 ARBOL DE FALLAS



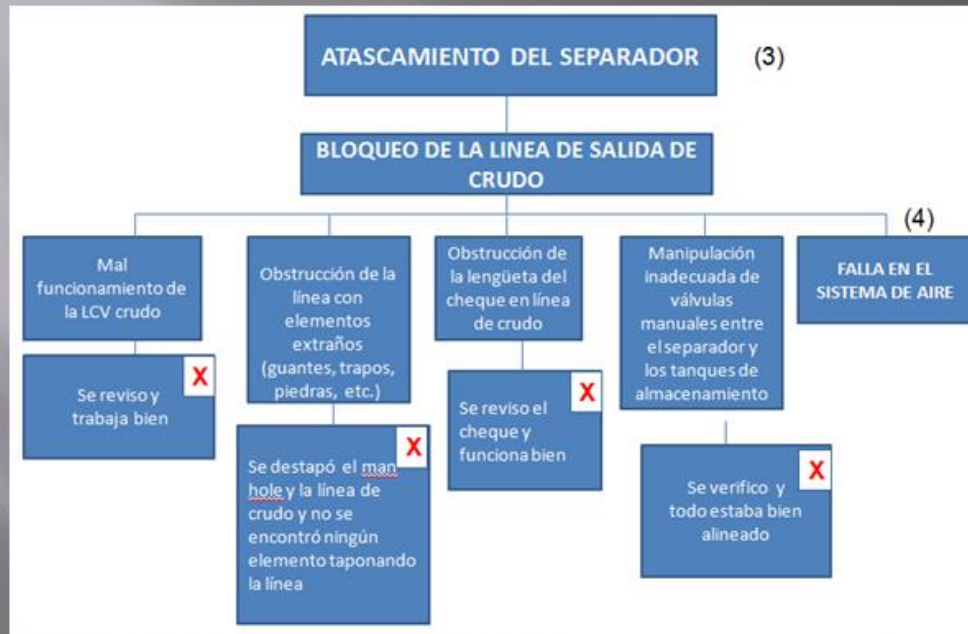
## 8.2 ARBOL DE FALLAS



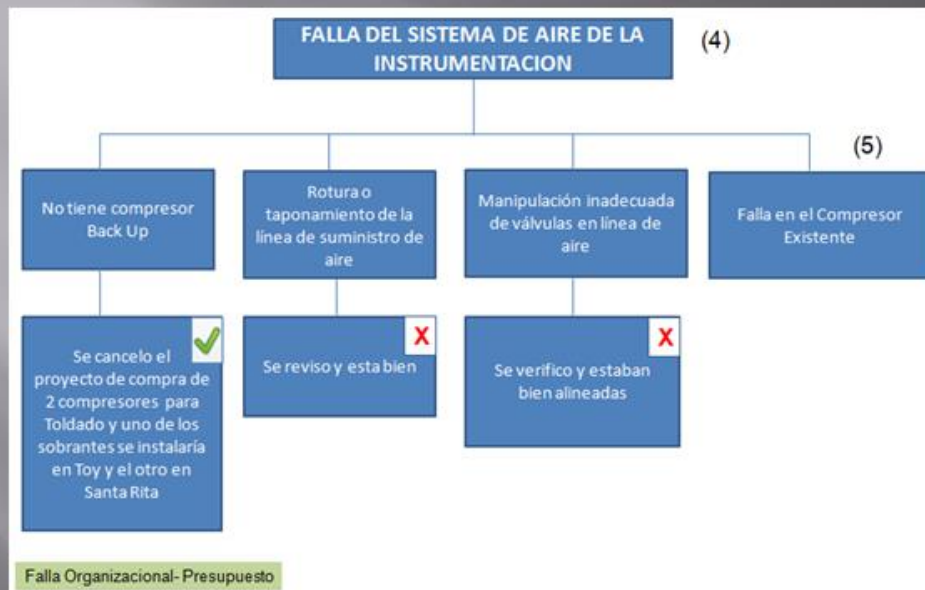
## 8.2 ARBOL DE FALLAS



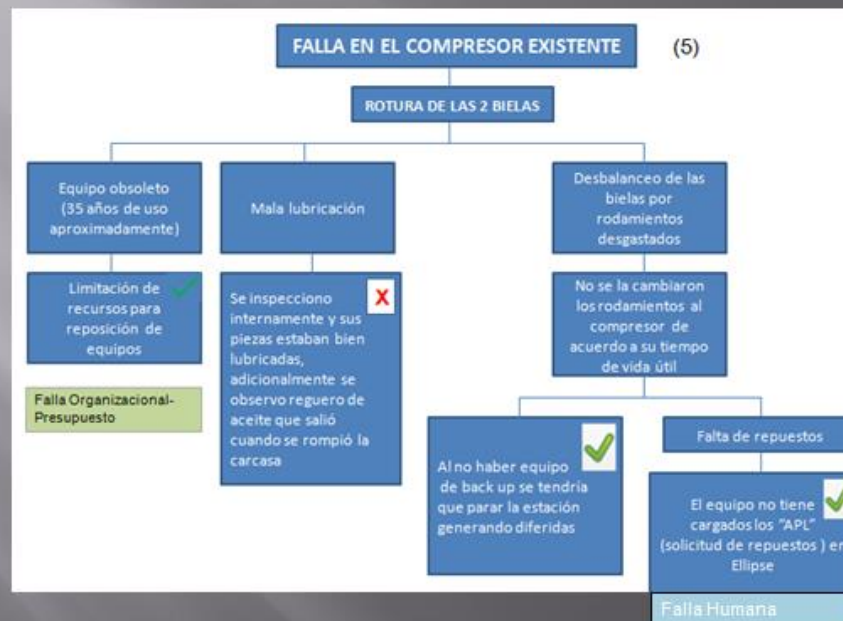
## 8.2 ARBOL DE FALLAS



## 8.2 ARBOL DE FALLAS



## 8.2 ARBOL DE FALLAS



## 9. CLASIFICACION DE LAS CAUSAS

### 9.1 CAUSAS DESCARTADAS

**Bacheo de Hidrocarburo por el anular del pozo Toy 1:** Esta hipótesis se descarta porque se realizó inspección a la línea y no se encontró rastro de crudo.

**Mal funcionamiento de la válvula controladora de nivel -LCV:** Esta hipótesis se descarta porque el instrumentista la revisó y trabaja bien.

**Obstrucción de la línea con elementos extraño:** Esta hipótesis se descarta porque se destapó el manhole del separador y la línea de crudo y no se encontró ningún elemento taponando.

**Mala lubricación del equipo que falló:** Esta hipótesis se descarta porque los Técnicos mecánicos lo inspeccionaron internamente y sus piezas estaban bien lubricadas, adicionalmente se observo reguero de aceite que salió cuando se rompió la carcasa.

## 9.2 CAUSAS VALIDAS

### 9.2.1 Causa Físicas

**Falta de Switch de protección de alta y baja presión y de nivel:** Esta hipótesis esta evidenciada porque el separador no cuenta con un sistema de advertencia (sonora o visual) que indique que una de las variables estipuladas de operación ha fallado, para poder tomar medidas inmediatas que impidan la ocurrencia de eventos no deseados que afecten al medio ambiente, equipos o personas.

**Problemas con el KO Drum:** Esta hipótesis esta evidenciada porque se adaptó una vasija que no es automatizada, tiene poca capacidad y el drenaje va a la atmósfera.

**Falta de un compresor Back Up:** Esta hipótesis esta evidenciada porque el compresor es un equipo único. En caso de presentar falla o por mantenimientos programados se tendría que parar la estación generando diferida.

## 9.2 CAUSAS VALIDAS

### 9.2.2 Causas Humanas:

**Falta de supervisión:** Esta hipótesis esta evidenciada la estación no tiene operador las 24 horas, sólo va el re corredor de 6:00 A.M a 4:00 P.M, por las condiciones criticas de orden público y por el alto impacto en el lifting cost por ser un campo de baja producción.

**El equipo no tiene cargados los "APL" (solicitud de repuestos ) en Ellipse:** Esta hipótesis se requiere verificar por el área de mantenimiento.

## 9.2 CAUSAS VALIDAS

### 9.2.3 Causas latentes:

**Equipo obsoleto:** Evidenciada, en la ficha técnica del equipo se verifica que lleva aproximadamente 35 años de uso.

**Desbalanceo de las bielas por rodamientos desgastados:** Evidenciada, de acuerdo a la inspección realizada por los Técnicos mecánicos al compresor, se evidencia que la falla se originó por desgaste excesivo de los rodamientos del eje del cigüeñal del Compresor, generando esfuerzos anormales en el sistema motriz, ocasionando ruptura en la biela por fatiga del material; además se causó el paso de la compresión al cárter del compresor, provocando expulsión del retenedor del eje del cigüeñal y salida del aceite del Compresor.

**Falta de repuestos:** Evidenciada, el equipo no tiene cargados los "APL" (solicitud de repuestos ) en Ellipse.

## 9.2 CAUSAS VALIDAS

### 9.2.3 Causas latentes:

**Equipo obsoleto:** Evidenciada, en la ficha técnica del equipo se verifica que lleva aproximadamente 35 años de uso.

**Desbalanceo de las bielas por rodamientos desgastados:** Evidenciada, de acuerdo a la inspección realizada por los Técnicos mecánicos al compresor, se evidencia que la falla se originó por desgaste excesivo de los rodamientos del eje del cigüeñal del Compresor, generando esfuerzos anormales en el sistema motriz, ocasionando ruptura en la biela por fatiga del material; además se causó el paso de la compresión al cárter del compresor, provocando expulsión del retenedor del eje del cigüeñal y salida del aceite del Compresor.

**Falta de repuestos:** Evidenciada, el equipo no tiene cargados los "APL" (solicitud de repuestos ) en Ellipse.

## 9. CLASIFICACION DE LAS CAUSAS

### Causa Raíz

#### Mantenimiento deficiente:

De acuerdo al análisis del equipo investigador, se establece que el compresor que suministra aire industrial a la instrumentación del separador general cuenta con un programa de mantenimiento deficiente, el cual no tiene contemplado cambio de repuestos por desgaste, en el programa Ellipse.

Adicionalmente se establece que no se cuenta con un compresor de Back Up para realizar los respectivos mantenimientos (reparación mayor/Top in) sin afectar la continuidad del proceso.

## HALLAZGOS

En los informes de evidencias emitidos por los Técnicos de mantenimiento quienes realizaron la verificación y seguimiento al sistema afectado se encontró lo siguiente:

Técnico Instrumentista A evidencia:

- Que por el desfogue de la válvula controladora de presión del separador había contaminación, evidencia que el crudo llegó a esta válvula.
- El scrubber de gas al motor tenía crudo en su interior, al igual que el filtro peco.
- La línea de desfogue de la válvula de seguridad del separador se encontró con crudo, posible no hermeticidad del cheque ya que este es para fluido líquido y no para gas.
- El controlador de nivel se le realizó simulación y el flotador se encontró en su sitio.
- El sistema de Medición de gas no está operando, porque sus válvulas de entrada y salida están cerradas
- El acumulador de aire se encontró con presión cero.
- Se desmonta la LCV y se revisa, se realiza mantenimiento a sus componentes internos, se encontró algunos o ring desgastados, se recomienda su cambio, se monta y se deja disponible.

## HALLAZGOS

Técnico Mecánico A evidencia:

- Que el Compresor se encontraba con una de las correas por fuera de la polea, que el aceite estaba por fuera del compresor, que el retenedor de acetite estaba afuera, que el giro del compresor era totalmente libre; sin restricción por compresión, lo cual originó que se retirara la tapa del compresor, donde se evidencio daño severo (Ruptura) de las bielas, del pistón del cilindro N° 2 alta compresión y presencia (carter) de metal de rodamientos del eje cigueñal del compresor.
- Con el desarme y la revisión de las diferentes partes del Compresor, se evidencia que la falla se origina por daño severo (Ruptura por fatiga de material) de los dos rodamientos del eje del cigueñal del Compresor, lo cual genero que se partieran las bielas de los pistones de baja - alta compresión y ruptura del pistón de alta compresión; además causo el paso de compresión al carter del compresor, expulsión del retenedor de aceite del eje cigueñal y salida del aceite del Compresor. Igualmente se encontró en el cilindro de baja compresión del compresor y ralladuras pronunciadas.

## 10. PLAN DE ACCION

CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA	PLAN DE IMPLEMENTACION						TIPO ACCIÓN	FIRMA
		ACTIVIDAD	FECHA INICIO PROGRAMA DA	FECHA FINALIZACION PROGRAMA DA	RESPONSABLE	ENTREGABLE			
<input type="checkbox"/> CI-CS : Sistema de advertencia inadecuado	Instalar 2 switch de presión y nivel (por alta y baja) que actúe apagando el Generador y haga sonar una alarma.	Generar OT para la instalación de las alarmas sonoras al separador	30/08/13	30/11/13	Coordinador Tolima	Registro	Preventiva		
<input type="checkbox"/> CB- FT : Ingeniería inadecuada: controles inadecuados	Adecuar la línea para que la Válvula Relif descargue a un Tk (mientras tenemos un buen scruber) en lugar de ir al manifold de entrada.	Informe ejecución actividad	30/08/13	30/12/13	Coordinador Tolima	Informe-Registro	Preventiva		
	Instalar una válvula Shut Dawn de 4 in .En la línea de entrada al separador.	Generar OT para la instalación	30/08/13	30/12/13	Ingeniería	Informe-Registro	Preventiva		
	Conseguir un Scruber Automatizado e instalarlo.	Solicitar equipo	30/08/13	30/12/13	Ingeniería	OT- Informe-Registro	Preventiva		

## 10. PLAN DE ACCION

CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA	PLAN DE IMPLEMENTACION						
		ACTIVIDAD	FECHA INICIO PROGRAMADA	FECHA FINALIZACION PROGRAMADA	RESPONSABLE	ENTREGABLE	TIPO ACCIÓN	FIRMA
<input type="checkbox"/> CB-FT: Herramientas y Equipos inadecuados: Disponibilidad inadecuada	Conseguir un buen compresor Back Up (con pulmón o acumulador).	Solicitud equipo	30/08/2013	30/12/13	Mantenimiento	OT-Informe-registro	Correctiva	
	Configurar para los 2 compresores un sistema redundante - Líder/esclavo, que incluya una alarma sonora.	Generar OT actividad	30/08/2013	30/12/13	Mantenimiento	OT-Informe-registro	Preventiva	
<input type="checkbox"/> CB- FT : Ingeniería inadecuada: controles inadecuados	Construir una placa en concreto y un techo para re-ubicar los compresores debidamente nivelados.	Generar OT para la actividad	30/08/2013	30/12/13	Coordinador Tolima	OT-Informe-registro	Preventiva	
<input type="checkbox"/> CB.FT: Administración inadecuada de las normas del flujo de trabajo	Verificar que todos los equipos críticos de la CTO tengan cargados los APL para poder hacer los mantenimientos programados,	Solicitud informe mto	30/08/2013	30/12/13	Mantenimiento	Informe	Preventiva	

## 11. CONCLUSIONES

- La falla se origina por daño severo (Ruptura por fatiga de material) de los dos rodamientos del eje del cigueñal del Compresor, lo cual genero que se partieran las bielas de los pistones de baja - alta compresión y ruptura del pistón de alta compresión; además causo el paso de compresión al carter del compresor, expulsión del retenedor de aceite del eje cigueñal y salida del aceite del Compresor.
- Se debe revisar el programa de mantenimientos de 1000, 2000, 4000 y 8000 Horas, para este tipo de compresores.
- Se debe adquirir un sistema de compresión de aire para la Estación Toy, diseñado con equipo de respaldo.
- La estación no esta diseñada con sistemas de paradas de emergencias, por ser un campo de baja producción no pasa el análisis económico para un proyecto de automatización.
- El KO Drum/Scrubber estaba contemplado en el proyecto de las TEAS de cada campo de la CTO que se descartó en el comité de proyectos, por falta de presupuesto en la SOH.

### 13. ANEXOS

Los anexos utilizados en la investigación son:

1. Alerta HSE
2. Reporte preliminar Reporte inicial de derrame de hidrocarburos.
3. Evidencias recolectadas:
4. Reporte Profesional Producción de turno fin de semana.
5. Informe Técnico Instrumentista A.
6. Informe Técnico Instrumentista B.
7. Informe Supervisor Mantenimiento.
8. . Lección para aprender

Los anteriores se enviarán acompañando al presente archivo.

### APROBACION DE LA INVESTIGACION

Después de evaluar el análisis de la investigación del *INCIDENTE AMBIENTAL FUGA DE HIDROCARBURO POR TEA DE LA BATERIA TOY*, y conforme con su resultado, la apruebo y entrego copia a todas las partes involucradas para la implementación del plan de acción.

Victor Raul Rojas Vega  
Reg. e0801700  
RESPONSABLE DEL ACCIDENTE

## 6 CONCLUSIONES

- El RCA es un riguroso método de solución de problemas, para cualquier tipo de falla, que utiliza la lógica y un árbol de causas, que consiste en una representación visual de un evento de falla, en el cual el razonamiento por deducción y la verificación de los hechos conducen a las causas originales.
- El análisis Pareto y la Matriz para la evaluación riesgos son herramientas que estandarizan la evaluación cualitativa y cuantitativa de los riesgos, facilitando su valoración y clasificación de los malos actores que se encuentran afectando la productividad y disponibilidad de los equipos.
- La implementación de la guía efectiva para la investigación de eventos aplicando la metodología de Análisis de Causa Raíz a diferentes equipos, permite desarrollar un proceso ordenado para identificar las verdaderas causas y los lineamientos para evitar la recurrencia y aumentar la confiabilidad de los equipos.
- Cuando se identifica la Causa Raíz de la falla y se realizan las acciones propuestas por el grupo investigador, aumenta la confiabilidad de los equipos y de los procesos, haciendo que se cumpla con los indicadores pactados en los contratos, también se obtiene una mayor productividad y hace más rentable la compañía.
- El Análisis de Causa Raíz es un proceso estructurado para identificar la base o los factores causales que han provocado el incidente en los equipos. Un RCA se centra principalmente en los procesos y sistemas, no en el desempeño individual. El resultado del RCA es un plan de acción que la organización debe poner en práctica a fin de reducir el riesgo de que ocurran acontecimientos similares en el futuro.
- Todo reporte de RCA genera una lección por aprender que debe ser socializado a todo el personal de la compañía en los diferentes líneas de negocio para evitar se vuelvan a repetir eventos no deseados.

## BIBLIOGRAFIA

ECOPETROL S.A Manual para la aplicación de la Metodología de análisis de Causa Raíz para la solución de problemas P1,59

ECOPETROL S.A. Presentación de la Coordinación de Producción Tolima. Diapositiva Ortega 2013. 30 diapositivas.

GARCIA PALENCIA. Oliverio. El análisis Causa Raíz. Estrategia de Confiabilidad Operacional. Conferencia y exhibición Reliability Word Latín América. Universidad Pedagógica de Colombia. 2005

HOCOL. Procedimiento RCA Hocol. Bogotá 2007. P18.

LATINO. Robert J. Root Cause Analysis, Improving Performance for Bottom- Line Result. 2 ed. Virginia: Hopewell, 2002. P 103.

MASA. Estrategia. [Consultado 18 septiembre 2013] disponible <  
<http://66.7.213.152/todopetroleo/resultadosscl.asp?id=24>>

MURILLO M, William. Modelo de confiabilidad basados en el análisis de fallas. Colombia: Cartagena de Indias, 2003.

SERNA G, Aníbal. Análisis de Falla. Especialización Gerencia de Mantenimiento. Colombia: Bogotá, 2012.

VERA, Muñoz Hernando. Aplicación de la metodología RCA para la eliminación de un mal actor en equipos críticos de la SOM Ecopetrol S.A. Trabajo de Grado Ingeniero Mecánico. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecanicos 2011. 18p.