

**ESTRATEGIA PARA ELIMINACION DE DEFECTOS COMO ELEMENTO
BASICO DEL GERENCIAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD**

MARLON FREDY SOTO URBINA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2004**

**ESTRATEGIA PARA ELIMINACION DE DEFECTOS COMO ELEMENTO
BASICO DEL GERENCIAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD**

MARLON FREDY SOTO URBINA

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: DANIEL ORTIZ PLATA
Ingeniero Mecánico**


**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2004**

Nota de aceptación



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE GRADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: MARLÓN FREDY SOTO URBINA		CÓDIGO: 202B453	
TÍTULO DEL PROYECTO: ESTRATEGIA PARA ELIMINACIÓN DE DEFECTOS COMO ELEMENTO BÁSICO DEL GERENCIAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD			
REGISTRO No.	FACULTAD: INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS	CARRERA: ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO	
EVALUACIÓN:		CRÉDITOS: 1	
DIRECTOR DEL PROYECTO			
NOMBRE: DANIEL ORTÍZ PLATA		FIRMA: 	
CALIFICADORES			
Firma: _____	Firma: _____	FECHA	
Nombre: CARLOS RAMÓN GONZÁLEZ	Nombre: ISNARDO GONZÁLEZ JAIMES	A 2004	M 04 D 29

Original: Oficina de Admisiones y Contabilidad Académica

Bucaramanga, Abril 2004

A mi esposa Diana, mi hijo Kevin y a la familia de la cual provengo. Fuente y destino de mi inspiración y amor.

Aprender a percibir la naturaleza, darnos cuenta que somos parte de ella, mas que eso, que somos ella misma solo que expresada en su capa mas sublime, su conciencia; permitirá reconciliarnos de manera permanente en cada uno de los estadios de nuestra vida.

Marlon Soto

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

La Gerencia de la Refinería de Cartagena de ECOPETROL S.A., en especial a las dependencias de Confiabilidad Operacional y HSE por su apoyo y mente abierta manifestada en el desarrollo del presente trabajo.

Daniel Ortiz, Ingeniero Mecánico de ECOPETROL S.A., por sus valiosos aportes como Director de la presente Monografía.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. REFERENCIAS Y RESEÑA HISTORICA DE LA METODOLOGIA	3
1.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA EN OTRAS INDUSTRIAS	3
1.2 COMO SE MANEJABA EN NUESTRA REFINERIA	4
1.3 PLATAFORMAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS ANTERIORMENTE	6
1.4 QUE MIEMBROS Y QUE NIVELES DE LA ORGANIZACION LO UTILIZAN	7
1.5 METODOLOGIAS, HERRAMIENTAS Y SISTEMAS EXISTENTES	7
2. MODELO PARA LA GESTION DE LA CONFIABILIDAD Y EL RIESGO	10
2.1 CONCEPTOS BASICOS SOBRE CONFIABILIDAD OPERACIONAL	10
2.2 ESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO	10
2.3 OPTIMIZACION DEL VOLUMEN DE TRABAJO	13
2.4 INDICADORES PARA MEDIR EL DESEMPEÑO	13
2.5 MATRIZ PARA LA VALORACION DEL RIESGO (MVR)	13
2.6 VENTANAS DE INTEGRIDAD OPERATIVA (VIO)	16
2.7 CONFIABILIDAD HUMANA	16
2.8 SISTEMA PARA GERENCIAR EL RIESGO Y LA CONFIABILIDAD	16
3. ENFOQUE DE SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	18
3.1 RELACION ENTRE LA SALUD Y EL TRABAJO	18
3.2 LA SEGURIDAD E HIGIENE EN LAS CONDICIONES DE TRABAJO	19
3.3 AREAS DE LA SALUD OCUPACIONAL	21
3.4 RIESGO OCUPACIONAL	22
3.5 CRITERIOS EN LA VALORACION DE LOS RIESGOS OCUPACIONALES	23
3.6 CONSECUENCIAS DE RIESGOS OCUPACIONALES NO TRAUMATICOS	23
3.7 CONSECUENCIAS DE RIESGOS TRAUMATICOS	24
3.8 CAUSAS DE LOS ACCIDENTES	25
3.9 FACTORES CAUSALES HUMANOS Y TECNICOS	26
3.10 INVESTIGACION DE ACCIDENTES DE TRABAJO	28

4.	CONTEXTO PARA LA ELIMINACION DE DEFECTOS	31
4.1	BUSQUEDA DE LA EXCELENCIA ORGANIZACIONAL	31
4.2	CUATRO PATRONES BASICOS DEL PENSAMIENTO	32
4.3	TRINIDAD DE LA CALIDAD Y LA COMPETITIVIDAD	33
4.4	LO QUE SE PERSIGUE CON LA ELIMINACION DE DEFECTOS	36
4.5	MOLDEANDO EL FUTURO CON BASE EN LA EXPERIENCIA	36
4.6	EL DEFECTO ESTA INHERENTE EN LO QUE SE HACE	38
4.7	PROBLEMAS POTENCIALES, INCIDENTES Y MALOS ACTORES	40
4.8	ALREDEDOR DEL EVENTO LIMITE	42
4.9	DIFERENCIA ENTRE SINTOMAS, EVIDENCIAS Y CAUSAS	43
4.10	OTROS ELEMENTOS PARA COMPRENDER LA ESTRATEGIA	45
5.	METODOLOGIA DE ANALISIS DE CAUSA RAIZ	50
5.1	GENERALIDADES DEL ANALISIS DE CAUSA RAIZ (ACR)	50
5.2	FASES Y ETAPAS APLICADOS EN LA METODOLOGIA	50
5.3	FASE I REGISTRO DE INCIDENTES	52
5.4	FASE II ANALISIS DEL PROBLEMA	56
5.5	FASE III ANALISIS DE CAUSA RAIZ (ACR)	59
5.6	FASE IV DESARROLLO DE LA SOLUCION	64
5.7	SINTESIS DE LAS METODOLOGIAS Y HERRAMIENTAS PARA EL ACR	69
6.	CONCLUSIONES	71
	BIBLIOGRAFIA	73
	ANEXOS	75
	ANEXO A. METODOLOGIA PROACT	76
	ANEXO B. INSTRUCTIVO. REGISTRO Y SEGUIMIENTO DE INCIDENTES	78
	ANEXO C. INSTRUCTIVO. INVESTIGACION Y ANALISIS DE CAUSA RAIZ (ACR)	89
	ANEXO D. INSTRUCTIVO. IDENTIFICACION Y GESTION SOBRE MALOS ACTORES	100
	ANEXO E. CARTA NAVEGACION ELIMINACION DE DEFECTOS	106
	ANEXO F. PLANTILLA PARA EL INFORME DEL ACR	108
	ANEXO G. INFORME DE UN CASO DE LA REFINERIA DE CARTAGENA	110

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Determinación y Ordenamiento de Causas	29
Tabla 2. Modelo para el Informe de Investigación de un Accidente de Trabajo	30
Tabla 3. Metodología para Aplicar el Análisis de Causa Raíz (ACR)	52
Tabla 4. Ejemplo para el Registro de Incidentes	54
Tabla 5. Interpretación de los Resultados	56
Tabla 6. Modelo de Qué Es y Qué No Es (Que Hay Distinto – Qué Cambió)	58
Tabla 7. Formato para Organizar y Priorizar los Criterios	66
Tabla 8. Matriz de Herramientas contra Etapa de la Metodología ACR	70

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Procedimiento de Análisis de Falla, Entradas y Macro Actividades	4
Figura 2. Procedimiento para Análisis de Problemas y Soluciones (anterior)	6
Figura 3. Modelo para el Análisis de Falla (Gestión IMC)	7
Figura 4. Contexto de la Confiabilidad Operacional	11
Figura 5. Enfoque Holístico del Mantenimiento	11
Figura 6. Proceso para la Eliminación de Defectos	12
Figura 7. Estrategias para Optimizar el Volumen de Trabajo	14
Figura 8. La Pirámide de Indicadores Claves de Desempeño (ICD's)	14
Figura 9. Matriz para Valoración de Riesgos (MVR) Aplicada en OT's	15
Figura 10. Ventanas de Integridad Operativa (VIO)	15
Figura 11. Elementos para la Confiabilidad Humana	17
Figura 12. Sistema para el Gerenciamiento de la Confiabilidad y el Riesgo	17
Figura 13. Condiciones del Trabajo	19
Figura 14. Areas y Técnicas de la Salud Ocupacional	21
Figura 15. Grado de Peligrosidad (Cuantificación del Riesgo)	23
Figura 16. Cadena del Accidente, Investigación, Prevención y Mitigación	25
Figura 17. Esquema de la Conducta Humana Defensiva ante el Peligro	27
Figura 18. Búsqueda Sistemática y Ordenamiento de Causas	30
Figura 19. Trinidad para el Logro de la Competitividad	35
Figura 20. Diagrama de Tiempo Vs. Hechos / Actividades	37
Figura 21. Manifestación de los defectos	39
Figura 22. El Defecto está presente en el Ciclo de Vida de los Equipos	39

Figura 23. Identificando los ladrillos para entender la estrategia	41
Figura 24. Diagrama del Corbatín, Alrededor del Evento Límite	43
Figura 25. Iceberg de los Síntomas, Evidencias y Causas	44
Figura 26. Análisis, Síntesis y Sinergia	45
Figura 27. Diferentes Tipos de Herramientas Físicas.	46
Figura 28. Significado del Tiempo Medio Entre Reparaciones (TMER)	46
Figura 29. SICAM para Administración de los Activos.	47
Figura 30. Defecto y No Conformidad	47
Figura 31. Definición General del Riesgo	48
Figura 32. Accidente, Plataforma Piper Alpha (Mar del Norte – Julio de 1988)	48
Figura 33. Fallas Recurrentes. Equipo Mal Actor (Refinería de C/gena 2003)	49
Figura 34. Tipo de Reparación	49
Figura 35. Impacto de la Estrategia para la Eliminación de Defectos	51
Figura 36. Lo que no es el Análisis de Causa Raíz	51
Figura 37. Matriz para la Valoración de Riesgos (MVR) de los Incidentes.	55
Figura 38. Herramientas para la Identificación del Problema.	58
Figura 39. Herramientas Utilizadas para la Descripción del Problema	59
Figura 40. Nivel de Profundidad Práctico de las Causas	60
Figura 41. Herramientas para Determinar las Causas Posibles	61
Figura 42. Herramientas para Determinar Causas Posibles Clasificadas	62
Figura 43. Lógica para la validación de Datos	63
Figura 44. Lógica para Verificar la Causa Raíz	64
Figura 45. Galería de de Ideas para Alternativas de Solución	68
Figura 46. Modelo Integrado de la Estrategia para Eliminación de Defectos	70

RESUMEN

TITULO: ESTRATEGIA PARA ELIMINACION DE DEFECTOS COMO ELEMENTO BASICO DEL GERENCIAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD*

AUTOR: MARLON FREDY SOTO URBINA**

PALABRAS CLAVES:

Confiabilidad, Eliminación de Defectos, Análisis de Causa Raíz, Análisis de Problemas y Desarrollo de Soluciones.

DESCRIPCION O CONTENIDO

En esta monografía se desarrolla un modelo gerencial que servirá de plataforma fundamental al mejoramiento de la confiabilidad integral de los diferentes procesos que se encuentran en nuestra industria. En cualquier organización existen situaciones que impactan desfavorablemente a su negocio y que en ocasiones vuelven a repetirse, sin que se les dé o se les haya dado un espacio adecuado para su comprensión y acción.

A estas eventualidades no deseadas, se les debe aplicar una estrategia que permita realizar una gestión estructurada, que se encamine a identificar su naturaleza, se entienda en todas sus dimensiones, para que así se les pueda plantear alternativas de solución consistentes con los elementos o entidades involucradas. Cumplida la fase anterior, no se debe estar conforme, sino que la gestión deberá ir hasta la misma implementación de las alternativas de solución encontradas, y así observar de manera cuidadosa durante un tiempo prudencial, si lo implementado satisfizo realmente las expectativas; de ser esto cierto, el paso final es que la organización interiorice esta experiencia y de esta manera el círculo de aprendizaje se cierre de tal manera que se pueda capitalizar en ese y otros escenarios.

A esa estrategia se le ha denominado Eliminación de Defectos, la cual comprende varias etapas, una es la del registro de los incidentes, otra la del análisis y comprensión del problema o problemas, una próxima etapa ayudará en la identificación de las causas raíces que ocasionan ese problema, otras posteriores buscarán el planteamiento de soluciones, su implementación, seguimiento y medición de la efectividad de lo implementado. Y habrá una última que buscará hilvanar todas las etapas anteriores para que el aprendizaje y mejoramiento continuo se de en la organización coherentemente.

Todo este modelo está siendo desarrollado y aplicado en la actualidad, en la Refinería de Cartagena (ECOPETROL S. A.)

*Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Daniel Ortiz Plata, Ingeniero Mecánico.

SUMMARY

TITLE: DEFECT ELIMINATION STRATEGY AS A BASIC ELEMENT OF THE RELIABILITY MANAGEMENT.

AUTHOR: Marlon Fredy Soto Urbina

KEY TERMS:

Reliability, Defect Elimination, Root Cause Analysis, Analysis of the Problem and Development of the Solution.

SUBJECT OF DESCRIPTION

This monograph introduces a management model that works as a key platform for the integral reliability improvement of the different processes within the industry. Any organization goes through situations that have a negative impact on its business. Sometimes these situations take place over and over again, and no actions are implemented neither scenarios provided to understand and solve them out.

These undesirable events require a strategy that will allow a structured management to identify their nature, and to understand the dimension of the issues so that the organization may provide effective recommendations involving all their elements. Completion of this stage is not enough. The management shall go beyond the recommendations to the implementation of the solutions suggested and then carefully observe the process during certain period of time to determine if the implementation complied with the expectations. The final stage would then try to raise awareness throughout the organization about this experience so that the learning cycle is closed and everyone can profit from this and any other learning experience.

This is the so-called "Defect Elimination Strategy" and it involves several phases: Incident recording, analysis and understanding of the problem(s), identification of the root cause(s), then the development of solutions, implementation, follow-up, measurement and assessment of the effectiveness of the implementation itself. The final stage will intend to string together all the previous phases to promote coherent learning and improvement within the organization.

This model is being developed and implemented in the Cartagena Refinery (ECOPETROL S.A.) at the present time.

* Monograph

** School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization.
Director: Daniel Ortiz Plata, Mechanical Engineer.

INTRODUCCION

Desde que éramos cazadores recolectores hasta nuestra compleja sociedad actual, desde la invención de la rueda hasta la revolución industrial, desde la época de la imprenta hasta la era de la informática, desde que el sueño de volar se volvió realidad y hoy por hoy no solo eso se quiere, sino que también se quiere dar saltos gigantescos hacia las estrellas, todas estas cosas que han pasado y las que están sucediendo, sabemos han sido producto del deseo y conocimiento humano. Esta criatura, que somos nosotros mismos, con inteligencia, emociones, pretensiones y un sin número de cualidades y virtudes ha logrado todas estas maravillas y habrán muchas mas por imaginar y lograr; sin embargo no se debe olvidar que se es parte de un universo imperfecto y que por lo tanto también la imperfección es una característica que se posee, es decir que cualquier cosa que se piense, se diga o se haga, lleva implícito un halo de imperfección.

El defecto, término que conocemos alrededor de este significado, está inherente en nuestras acciones y decisiones y en muchas ocasiones cuando lo identificamos a tiempo lo podemos evitar o administrar, sin embargo nuestra rigurosidad no es infalible y este se materializa en cualquier estancia de las cosas que hacemos o hemos hecho, ocasionando desde las pérdidas pequeñas y manejables hasta las grandes catástrofes y tragedias que dejan enormes pérdidas materiales y humanas, pero que además dejan muy maltratado nuestro orgullo y arrogancia. Ser concientes de estas cosas nos ayudará a plantearnos la búsqueda de nuevas herramientas y metodologías para prever el riesgo y administrarlo evitando así que se materialice; pero que si de todas maneras un riesgo potencial aparece y desencadena la ocurrencia de uno o mas eventos no deseados, debemos poder encontrar la manera de identificar las causas que lo ocasionaron para evitar que esta situación vuelva a ocurrir. Evitar y/o prevenir que un evento no deseado nuevamente se presente, es el concepto que la presente monografía quiere plantear.

De otro lado pero bajo el mismo contexto y como consecuencia del ambiente globalizado, se sabe que la confiabilidad es vista hoy en día como una de las gestiones de la empresa que está buscando permanentemente oportunidades en toda la infraestructura de una organización, es por esto que se genera la necesidad de contar con elementos de gestión que permitan interactuar de una manera efectiva en los escenarios de alta competencia comunes en todas las disciplinas actuales. A medida que estas oportunidades toman forma, se postulan y se desarrollan estrategias y modelos que le permitan al negocio manejado un

crecimiento integral y sostenido. Con esto en mente la organización se percatará que nuevas alternativas aplicadas consistentemente ayudarán a plantear soluciones para los diversos problemas que ocasionan las pérdidas y los bajos índices de productividad en un determinado proceso.

También se sabe que todos los procesos industriales, tales como técnicos, de ingeniería, administrativos, de desarrollo humano, organizacionales e incluso los sociales, son parte de un todo, y que como un todo que son, se entrelazan de múltiples maneras lo que ocasiona una influencia intrínseca y/o extrínseca de manera permanente; por consiguiente las diferentes disciplinas y especialidades, inmersas en el conocimiento de las personas que hacen parte de una organización, de igual forma y por el solo hecho de estudiarlas, desarrollarlas y aplicarlas, también resultan involucradas en todo el contexto. De esta manera se pretende decir que el modelo exige que en las diferentes fases de desarrollo se involucre consistentemente todas las especialidades que tengan lugar en un caso, para que de una manera ordenada, precisa y objetiva el resultado obtenido sea acorde con las premisas y objetivos que el negocio persigue.

La Eliminación de Defectos se constituye como una estrategia poderosa para el control de costos, ya que se enfoca en el mejoramiento integral (la operación, el mantenimiento, la seguridad industrial, la salud y el ambiente, los nuevos proyectos, etc.) de la empresa, cuyo principal objetivo es alcanzar procesos más productivos y eficientes. Este modelo, que forma parte de una estrategia enfocada hacia la confiabilidad integral pretende crear conciencia, involucrar, comprometer y responsabilizar de manera organizada a las personas que diseñan, rediseñan, montan, mantienen y operan equipos e instalaciones, para que puedan identificar, categorizar y priorizar incidentes y malos actores (equipos problema) que se presentan en la mayoría de nuestras plantas industriales.

Finalmente esta monografía presenta un modelo gerencial que sirve de plataforma inicial para el mejoramiento de la confiabilidad de los diferentes procesos que se encuentran en la Refinería de Cartagena. En capítulo 1, se comienza con la revisión de los muchos intentos que se han hecho en los diferentes escenarios a través del tiempo, por tener un proceso estructurado y vigente; en el capítulo 2, se mira a los conceptos de la confiabilidad y el riesgo de manera integral, como una especie de éter que envuelve y está inmerso en cada una de las acciones y decisiones que se tienen en la organización y no como una cifra de referencia. En el capítulo 3, la salud ocupacional y la seguridad industrial son tenidas en cuenta también, puesto que desde ese punto de vista se han desarrollado metodologías que no solo aplican a la estrategia, sino que son parte fundamental del proceso. Los capítulos finales (4 y 5) comprenden el enfoque de la estrategia, allí se contemplan todos los elementos que permiten que un modelo como este, pueda engranar de manera coherente aplicando las herramientas y métodos existentes.

1. REFERENCIAS Y RESEÑA HISTORICA DE LA METODOLOGIA

1.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA EN OTRAS INDUSTRIAS

Muy pocas empresas en el país tienen en su gestión un proceso o un modelo estructurado para análisis de fallas e implementación de soluciones efectivas a sus problemas. En el sector de la manufactura y de procesos no continuos (metalmecánica, papelería, producción de cerámicas, etc.), algunas han llegado a implementar o a desarrollar sus propios modelos con algún éxito. Algunas han aplicado los pasos concernientes a la identificación, el análisis, determinación de soluciones e implementación de las mismas. En todas las situaciones observadas, ellas han sido lideradas por la gestión de mantenimiento con sus procesos de mejoramiento de confiabilidad y las dependencias de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial. Es por esto que los modelos observados en estas empresas, están muy interrelacionados con las herramientas y metodologías aplicadas en estas disciplinas. Los sistemas de información con su unidad fundamental que es el Orden de Trabajo (OT) y encadenada por medio de todo el proceso de gestión propio, permiten que desde las dependencias de mantenimiento se lideren estos modelos de análisis de falla y sus soluciones en muchas industrias conocidas. Desde Seguridad Industrial el proceso ha sido manejado con la Investigación de Accidentes.

Dentro de lo observado en las herramientas y metodologías para los modelos típicos, se aplican otros modelos complementarios como el FMECA (Failure Mode Effect Criticality Análisis o Análisis de Modos de Falla, Efecto y Criticidad), [Círculos de la Calidad](#)¹ PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), Arbol de Causa y Efecto, Lluvia de Ideas, Análisis Estadístico, Pareto, etc. permitiendo así adoptar una o todas de acuerdo con la situación que se está desarrollando. Desde la óptica de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional, el registro y la investigación de accidentes e incidentes es la metodología comúnmente usada.

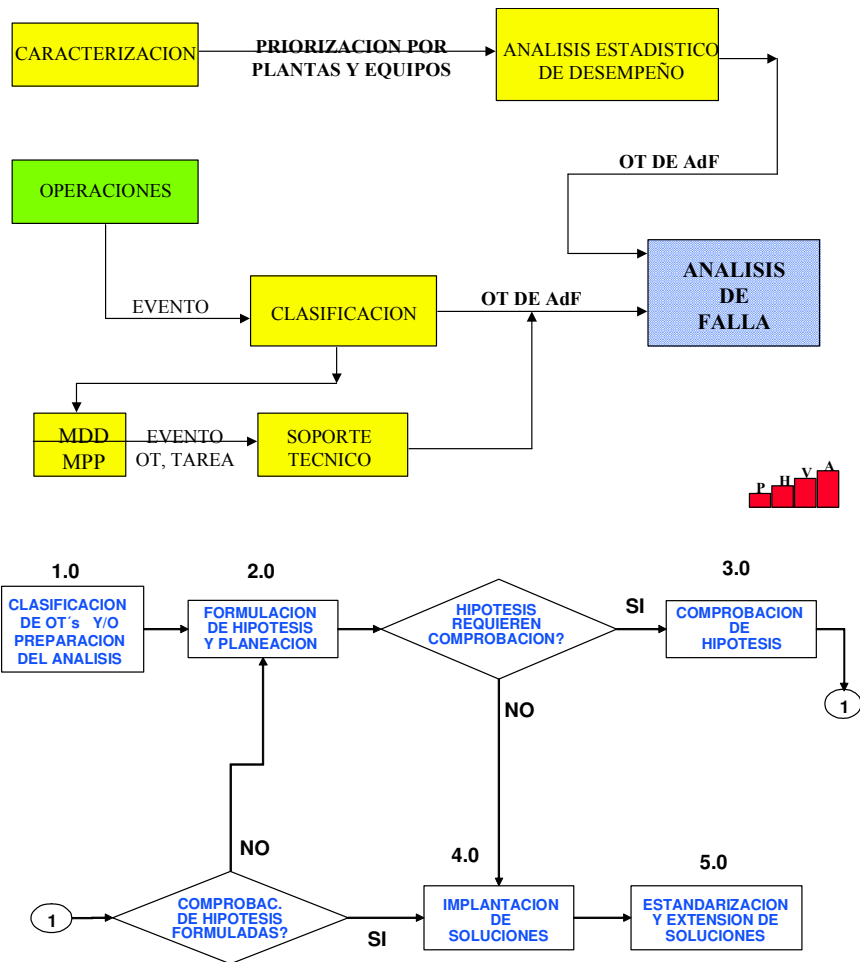
Hoy en día también existen compañías de servicios que desarrollan y suministran modelos con este enfoque. Entre estas se encuentran Apollo Associated Services, Inc., la metodología PROACT de RCI (ver Anexo 1) y otras que están en el mercado, permiten a cualquier industria en donde no haya sido posible tener su modelo propio o adaptado, adoptarlas apropiadamente.

1. Edward W. Deming. El círculo en inglés, PDSA - PDCA, de Plan, Do, Study - Check, Act.

1.2 COMO SE MANEJABA EN NUESTRA REFINERIA

Dentro de los procesos de gestión con que la Refinería de Cartagena contaba, se tenía implementado el “Procedimiento para el Análisis de Falla”, la cual fue vigente hasta Junio de 2001; después de mejoras insertadas en el procedimiento y con algunas reestructuraciones de la organización ocurridas en ese período, se actualizó y mejoró el documento, quedando como “Procedimiento para Análisis de Problemas y Aplicación de Acciones Correctivas y Preventivas”, su vigencia permaneció hasta Octubre del 2002.

Figura 1. Procedimiento de Análisis de Falla, Entradas y Macro Actividades



NOTA
EL CUADRO DE DECISION SOBRE LA COMPROBACION DE HIPOTESIS HACE PARTE DE LA ACTIVIDAD 2.0 . EN ESTE DIAGRAMA SE UBICO POR FUERA PARA INDICAR QUE EL PROCESO PUEDE TENER SALIDA DESDE ESTE PUNTO DIRECTAMENTE HACIA LA IMPLANTACION DE SOLUCIONES.

El primer modelo aunque tenía un algoritmo que permitía de manera lógica inmiscuirse en el proceso de gestión, ver Figura 1, no permitía que éste fluyera de manera coherente por los niveles y disciplinas de la organización, por que solo se quedaba en eso un algoritmo y las causas de fallas eran tan solo interpretadas como la deficiencia de un factor físico, sin involucrar las interfaces en donde se toman las decisiones y mucho menos el aseguramiento de la gestión. Muchas fallas con este método fueron diagnosticadas, elaborados los siguientes pasos de gestión y planeadas e implementadas sus recomendaciones, sin embargo a pesar de que el problema era corregido temporalmente, volvía a presentarse nuevamente, puesto que solo se solucionaban los síntomas y no las causas verdaderas. El problema realmente no era abordado de forma integral.

La versión siguiente, ver Figura 2, mejoró ya que no solo buscó involucrar a las personas que hacían parte del problema o los que lo percibían de manera inmediata, como el personal de operaciones en las plantas industriales, sino aquellas otras personas que hacen parte de la organización en áreas de ingeniería, mantenimiento, confiabilidad y procesos de calidad, seguridad industrial, salud ocupacional y ambiente. El modelo permitía abrir y cerrar el círculo PHVA, se utilizaban todas herramientas de medición y gestión para detectar un problema o condición que no estuviese dentro de parámetros. Se establecía la dimensión del problema para asegurar si se justificaba analizarlo. De justificarse, se procedía de manera ordenada en la identificación de las causas, elaborándose un informe ejecutivo con todos los elementos y planes de acción para ser implementadas, con su posterior verificación.

La deficiencia observada en este modelo dejaba ver claramente que la responsabilidad de decidir si se hacía análisis a un determinado problema o no, recaía en una o dos personas y no de manera sistemática y unificada con base en el impacto de lo sucedido; las consecuencias del impacto tan solo se conocían de manera cualitativa y no cuantitativa, se tenía un registro en el Sistema de Información de Mantenimiento para los eventos o incidentes ocurridos, sin embargo muy pocas personas lo utilizaban para el registro y muchas menos para el análisis y priorización. En la elaboración de los informes finales, se notaban deficiencias en la determinación integral de las causas, muchas tenían una descripción muy ambigua, lo cual no permitía estructurarse una recomendación o plan de acción concreto para eliminar las causas del problema. Por lo anterior muchos problemas volvían a presentarse, por que no eran bien comprendidos. También se observó algunas falencias para hacer gestión a las acciones recomendadas y en la revisión de su efectividad y aseguramiento del aprendizaje. Todos estos hallazgos en muchas ocasiones creaban apatía a continuar con la metodología, pues a pesar de su imperfección esta requería disciplina en su aplicación para que los resultados fueran consistentes con lo presupuestado.

Figura 2. Procedimiento para Análisis de Problemas y Soluciones (anterior)

PHVA	DIAGRAMA DE FLUJO	FASE	OBJETIVO
P	1	Identificación y selección del problema	Definir claramente el problema y reconocer su importancia.
	2	Observación del problema	Investigar las características específicas del problema.
	3	Análisis del problema	Descubrir las causas básicas.
	4	Plan de acción	Concebir un plan para bloquear las causas básicas.
H	5	Ejecución del plan	Bloquear las causas básicas.
V	6	Verificación de la solución ejecutada	Verificar la efectividad del bloqueo.
	7	¿Está correcta la verificación?	Retroalimentar a la organización sobre la efectividad de las soluciones implementadas.
A	8	Normalización de la solución verificada	Establecer la solución hallada como disposición de la Empresa que impedirá la aparición del problema tratado.
	9	Conclusión del proceso	Recapitular todo el proceso para facilitar otros trabajos.

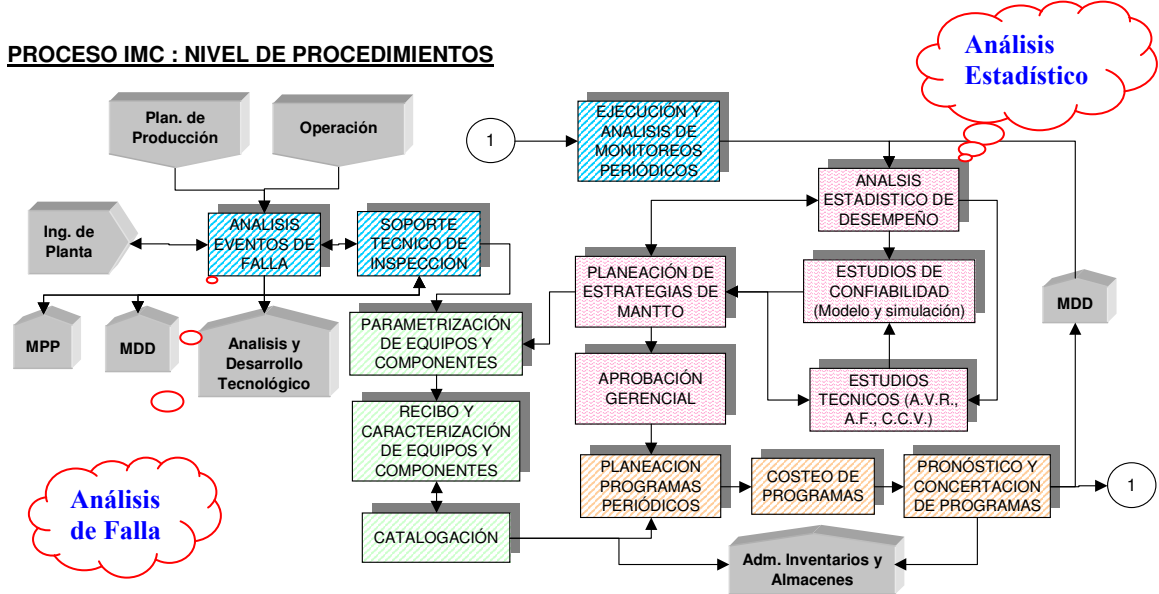
Aunque el segundo modelo era liderado por las dependencias de Confiabilidad y HSE (de las siglas en inglés, Health, Safety and Environment), en general los dos modelos, eran conocidos por muy pocas personas y los roles y responsabilidades de los involucrados, no tenía la divulgación adecuada para que fuese conocido de forma completa en la organización. Esto afectaba el resultado final de la gestión que se tenía hasta ese momento.

1.3 PLATAFORMAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS ANTERIORMENTE

La gestión de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad (IMC) de la Refinería de Cartagena como en otras industrias ha sido la encargada de administrar el modelo de análisis de falla y solución de problemas, es por esto que el proceso contemplado anteriormente estaba estructurado de acuerdo con elementos diseñados desde la óptica de mantenimiento y se utilizaba el sistema de información como fuente y soporte de este proceso.

Figura 3. Modelo para el Análisis de Falla (Gestión IMC)

PROCESO IMC : NIVEL DE PROCEDIMIENTOS



Sin entrar a profundizar en cada uno de los módulos de este proceso, se nota en la Figura 3, como encaja el modelo de análisis de falla dentro del marco de mantenimiento y confiabilidad, sirviendo de eslabonamiento entre el plan de producción, incluyendo la operación y los subprocesos aguas abajo de Mantenimiento Día a Día (MDD), Mantenimiento con Parada de Planta (MPP) y Análisis y Desarrollo Tecnológico.

1.4 QUE MIEMBROS Y QUE NIVELES DE LA ORGANIZACION LO UTILIZAN

De acuerdo con el proceso establecido el programa tan solo llegaba a nivel de ingenieros de contacto, confiabilidad y mantenimiento y en algunas ocasiones a los jefes y supervisores de planta. El hecho de ser administrado y evaluado desde un solo escenario, el de mantenimiento y grupo de confiabilidad, hacía que en muchas ocasiones los ejercicios realizados para un análisis de falla cualquiera, no fuese aceptado integralmente y como consecuencia, las soluciones no se pudiesen implementar de forma eficaz.

1.5 METODOLOGIAS, HERRAMIENTAS Y SISTEMAS EXISTENTES

Hoy en día existen numerosas herramientas y metodologías para abordar las fallas crónicas, los incidentes y accidentes de gran impacto y los numerosos problemas que existen en la organización. Muchas organizaciones y empresas que ofrecen estos servicios han utilizado las siguientes herramientas y metodologías:

- **Análisis de Falla:** Es la metodología más utilizada en muchas organizaciones y se concentra solo en el nivel físico del problema. Se utiliza bastante en fallas de equipos y plantas e involucra muchas disciplinas especializadas (inspección, análisis metalmeccánica, ensayos de laboratorio, etc.).
- **FMECA:** De las siglas en inglés Failure Mode Effect Criticality Analysis o Análisis de Modo de Falla, su Efecto y Criticidad. Es una técnica muy utilizada para el desarrollo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y utiliza el análisis de los bloques funcionales para conocer la planta y equipos integralmente. Es una técnica un poco dispendiosa
- **Análisis de Problemas y Toma de Decisiones:** Más que una, es un conjunto de metodologías que busca involucrar no solo el nivel físico del problema, sino que también contempla la interacción de elementos complementarios. Es muy aplicada en niveles en los que los miembros de una organización toman decisiones para determinar sistemáticamente todas las posibles causas del problema y elaborar de manera sinérgica (grupal) las soluciones. También es muy utilizada para el desarrollo e implantación de procesos racionales de administración.
- **Reporte e Investigación de incidentes:** Le da mucho crédito a una buena base histórica de información de incidentes para abordar el problema desde el principio y para analizar los de mayor impacto primero. Es muy utilizada en análisis de accidentes en HSE.
- **Análisis de Causa Raíz (ACR):** Es de las metodologías mas completas pues utiliza un conjunto de herramientas que permite abordar cualquier tipo de problema e indaga sistemáticamente todas sus capas, para abordarlo, entenderlo y explicarlo. Se concentra en los datos y hechos y no en las presunciones o supuestos. Las soluciones son elaboradas para eliminar la causa raíz y son presentadas de manera estructurada para que sean factibles económicamente en su desarrollo.
- **Herramientas y Técnicas para la Solución Básica de Problemas:** Las técnicas y herramientas utilizadas van desde las usadas comúnmente en estadística, así como también la desarrollada para establecer un pensamiento ordenado. Las mas utilizadas son, Lluvia de Ideas, Histogramas, Diagramas de Relación, Arbol de Causa y Efecto, Tendencias, Que es - no es y Cartas de Registro.
- **Técnicas de Análisis Sistemático de Causas (TASC):** Es un conjunto de técnicas enfocadas hacia las necesidades del sistema y que aplicadas paso a paso, permiten obtener las causas inmediatas y básicas (raíz) de

accidentes e incidentes que ocasionan pérdidas. Su enfoque principal está en el control administrativo de pérdidas.

- **Investigación de Accidentes de Trabajo:** Es una metodología ordenada y objetiva para investigar los accidentes de trabajo, es muy utilizada por los líderes de salud ocupacional y seguridad industrial. Igual que las demás utiliza el método científico para determinar las causas de un accidente y desarrollar las recomendaciones que lo prevengan o eviten en el futuro.
- **Plataformas Informáticas:** Las diferentes técnicas y herramientas utilizadas requieren de herramientas informáticas tan sofisticadas como sistemas hayan en el mercado, en realidad la mas sencilla de todas es la hoja de papel y el lápiz. Sin embargo hoy en día se pueden construir desde la hoja electrónica para el registro de incidentes en Excel (Microsoft), o software como el Visio para desarrollar los diagramas de causa y efecto. Lo importante es utilizar la que mas convenga a la organización de acuerdo con su complejidad.

Todas las metodologías, herramientas y técnicas pueden aplicarse de acuerdo con el problema que se tenga y pueden ser utilizadas de manera complementaria para un caso determinado. Ninguna es absoluta, y cada organización las puede utilizar dependiendo de la situación que tenga. Lo importante es que los problemas sean abordados desde diferentes ópticas, de forma organizada y se desarrollen alternativas que se enfoquen hacia la solución integral del problema.

2. MODELO PARA LA GESTION DE LA CONFIABILIDAD Y EL RIESGO

2.1 CONCEPTOS BASICOS SOBRE CONFIABILIDAD OPERACIONAL

La operación de una facilidad de producción requiere de procesos de gerenciamiento adecuados. Los sistemas de gestión de Calidad y HSE son probablemente los elementos más conocidos y más comunes en la estructura general; sin embargo las actividades de mantenimiento también deben hacer parte integral y estar alineadas con los demás procesos de gestión.

La identificación de nuevas oportunidades, no solo deben estar orientadas hacia el mejoramiento de los procesos generales de mantenimiento, sino que también deben poder integrarse a otras estrategias que permitan satisfacer las necesidades de producción, como disponibilidad y confiabilidad de planta, optimización de costos y aspectos de seguridad, ambiente y factores humanos. En la Figura 4, se muestra el contexto filosófico que busca lograr la interacción sinérgica de la confiabilidad operacional.

El enfoque de la Confiabilidad Operacional identifica claramente las actividades claves de mantenimiento y confiabilidad, explica las interrelaciones que se dan entre ellas y como pueden ser integradas en todo el proceso de mantenimiento y operaciones. La comprensión de estas interrelaciones es fundamental para el proceso. Permite la optimización de todo el proceso de mantenimiento en lugar de enfocarse en los elementos individuales o aún en actividades únicas.

2.2 ESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO

Los pilares fundamentales del proceso de mantenimiento, según lo ilustra la Figura 5, son:

- Confiabilidad e Integridad de Activos,
- Eliminación de Defectos,
- Volumen Optimo de Trabajo
- Eficiencia en la Ejecución.

Figura 4. Contexto de la Confiabilidad Operacional

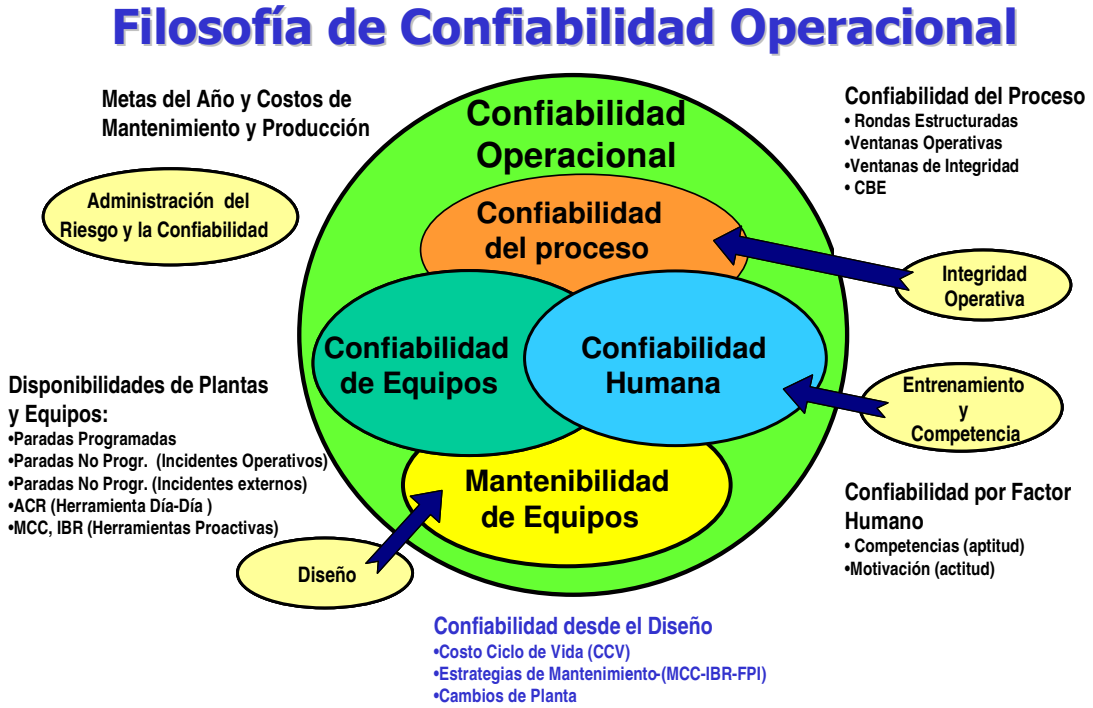
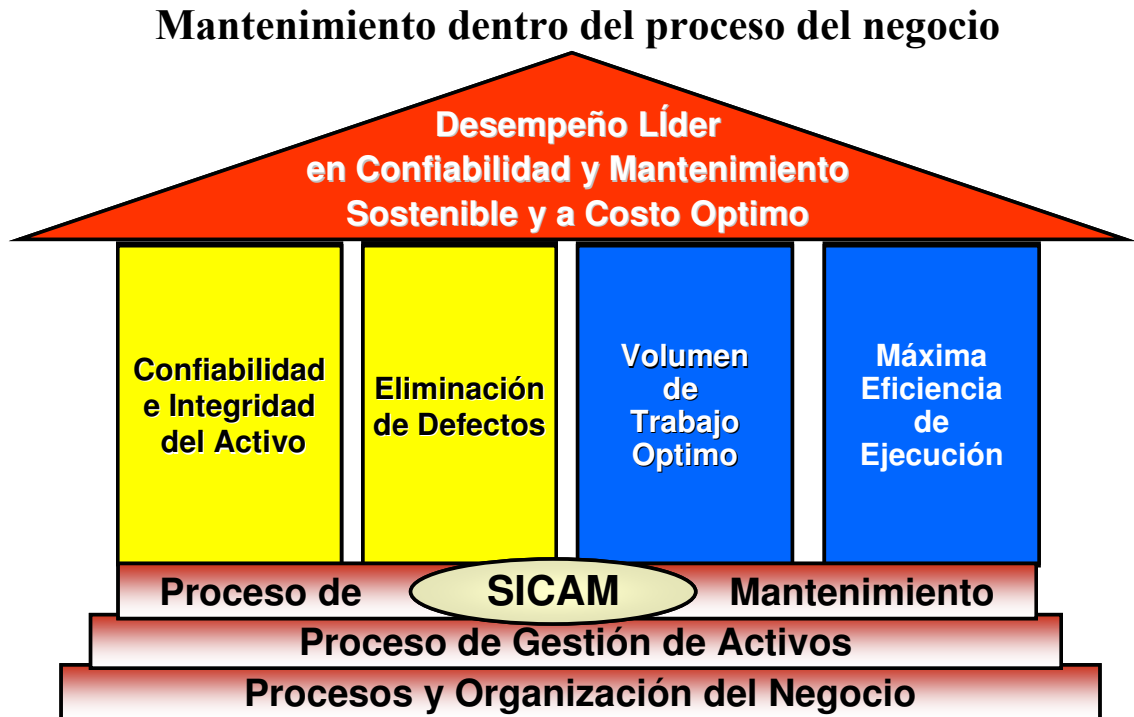


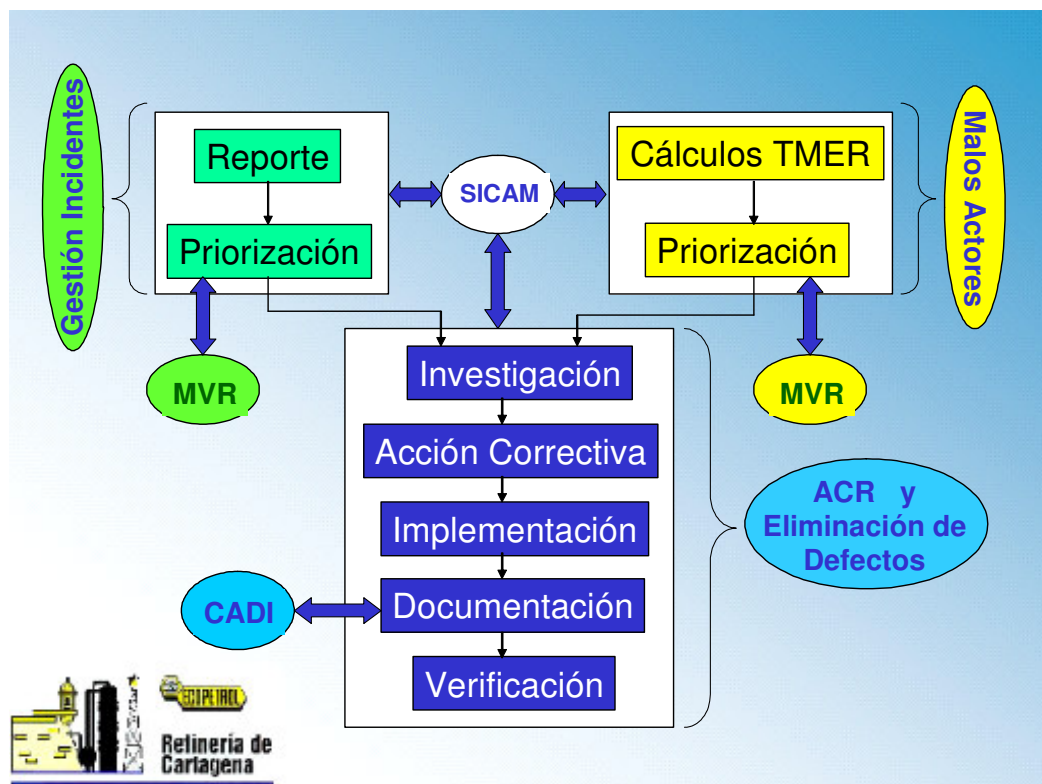
Figura 5. Enfoque Holístico del Mantenimiento



La Gestión de Activos, que incluye la operación, el mantenimiento, el manejo de la confiabilidad y la inspección de plantas y equipos, junto con un Sistema Computarizado e Integrado para Administración del Mantenimiento (MIMS - ELLIPSE) conforma la aplicación efectiva del proceso de mantenimiento y está incluido dentro de la organización de la Refinería de Cartagena.

Para evaluar los costos relacionados con el mantenimiento, es preciso revisar el volumen total de trabajo que consiste en las tareas reactivas y proactivas. También es necesario considerar y analizar las de fallas de equipos y las consecuencias resultantes en términos de costo de reparación y pérdidas de producción.

Figura 6. Proceso para la Eliminación de Defectos



Por hacer parte fundamental de la confiabilidad y el riesgo, se muestra de forma rápida el modelo, sin embargo se dedicará un capítulo completo para profundizar en el asunto. La Figura 6, ilustra la aplicación de un proceso efectivo de eliminación de defectos para los incidentes de gran impacto y los malos actores de las plantas, que sistemáticamente aplicado permite reducir la cantidad de trabajo reactivo. Al mismo tiempo, la eliminación de defectos aumenta la eficiencia de la ejecución debido a la reducción del trabajo de alta prioridad y

mejora el nivel de confiabilidad e integridad como resultado de un número reducido de daños o fallas. El objetivo del proceso es capturar de manera formal los incidentes, identificar los malos actores e investigar y eliminar la causa raíz de los incidentes de mayor y mediano impacto.

2.3 OPTIMIZACION DEL VOLUMEN DE TRABAJO

En la Figura 7, se observa de manera sencilla como están integrados tanto el trabajo reactivo a los que se les implementa los análisis de causa raíz para ir eliminándolo estructuradamente, como el trabajo proactivo, el cual está comprendido por actividades de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), la Inspección Basada en Riesgo (IBR), Monitoreo y Mantenimiento por Condición (MMC) y el Cuidado Básico de Equipos (CBE).

2.4 INDICADORES PARA MEDIR EL DESEMPEÑO

Los planes de acción de Mantenimiento tienen que estar de acuerdo con los objetivos y metas del negocio y se deben tener indicadores que muestren como evoluciona la gestión. En la Figura 8, se puede ver que el punto inicial de la pirámide organizacional son los objetivos de la Refinería, los cuales son enviados en cascada a los diferentes niveles de la misma, incluyendo a las personas. Esto garantiza que cada una de las personas vea y realice su aporte al desempeño de la refinería. Los Indicadores Claves de Desempeño (ICD's) de la Refinería deben ser desarrollados con base en sus objetivos macro y después son enviados en cascada a los diferentes niveles.

2.5 MATRIZ PARA LA VALORACION DEL RIESGO (MVR)

Este tópico también se tocará con mayor profundidad en el capítulo para el desarrollo del modelo para la eliminación de defectos, aquí se toca de manera superficial. Para administrar el riesgo y la confiabilidad, se necesita primero comenzar a medirlos y evaluarlos, es por eso que una herramienta típica para la valoración y clasificación, de situaciones, decisiones e incidentes es la Matriz para Valoración de Riesgos (MVR), la cual permite identificar de manera precisa “Las Amenazas del Negocio”. Como se muestra en la Figura 9, los aspectos como la gente, los activos (parte económica), el ambiente y la imagen son revisados de igual manera contra las consecuencias, para encontrar cual de ellos tiene mayor impacto en el riesgo (situación potencial, incidente sucedido o decisión a tomar) del negocio. Con esta herramienta se tiene claro el concepto económico (cualitativo y cuantitativo) del riesgo en la toma de decisiones en el negocio.

Figura 7. Estrategias para Optimizar el Volumen de Trabajo

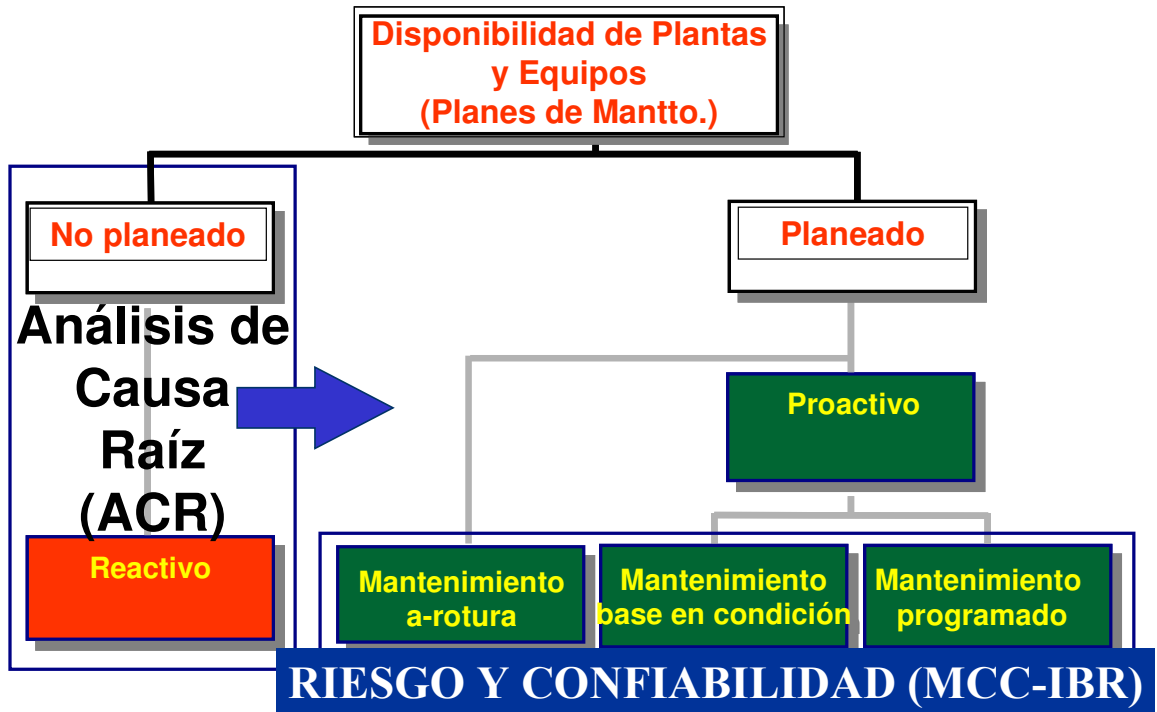


Figura 8. La Pirámide de Indicadores Claves de Desempeño (ICD's)

La Pirámide de Objetivos & ICD's

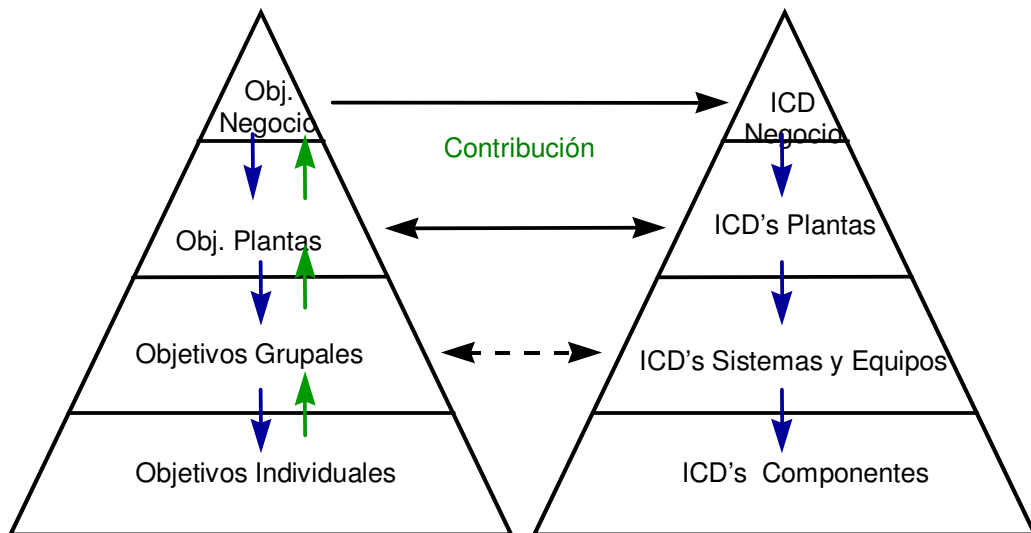


Figura 9. Matriz para Valoración de Riesgos (MVR) Aplicada en OT's

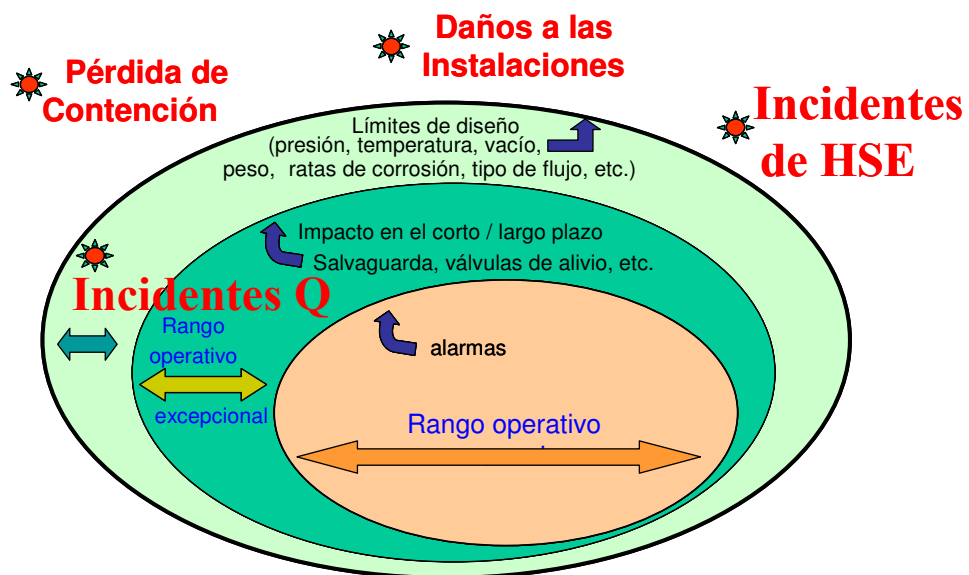
CONSECUENCIAS					ÓRDENES DE TRABAJOS EN MANTENIMIENTO				
Personas	Económica *	Ambiental	Imagen de la Empresa		A	B	C	D	E
Una o mas Fatalidades	Catastrófica o > 10 MUS\$	Masivo	Internacional	5	N	U	E	E	E
Incapacidad Permanente	Grave o 1 a 10 MUS\$	Mayor	Nacional	4	N	U	U	E	E
Incapacidad Temporal >1 día	Severo o 100 K a 1 MUS\$	Localizado	Regional	3	N	N	N	U	E
Lesión Menor (sin incapacidad)	Importante 10 a 100 KUS\$	Menor	Local	2	F	F	N	N	U
Lesión Leve (1ros auxilios)	Marginal < 10 KUS\$	Leve	Interna	1	F	F	N	N	N
Ninguna Lesión	Ningún Costo	Ningún Efecto	Ningún Impacto	0	No se genera OT				

Aumenta el impacto en el negocio ↑	E	Extrema: Ejecución de emergencia o con diferencia cero entre la fecha de generación y la de ejecución. Su terminación dependerá del alcance del trabajo.	Para la evaluación de la prioridad de órdenes de trabajo provenientes de evaluaciones de riesgos potenciales se deberá aplicar la siguiente definición:
	U	Urgencia: Ejecución Urgente o con diferencia de un día entre la fecha de generación y la de ejecución. Su terminación dependerá del alcance del trabajo.	
	N	Normal: Ejecución Normal o diferencia mínima de 7 días entre la fecha de generación y ejecución. Su duración deberá no ser mayor a 15 días.	
	F	Futura: Ejecución normal pero con inicio de la ejecución mayor a 21 días después de su generación. Su terminación dependerá del alcance del trabajo.	

RIESGO PRIORIDAD
 VH E
 H E
 M U
 L N
 N F

NOTA (*) Impacto económico cubre tanto las instalaciones como los procesos y productos. Se expresa en Miles de dólares (KU\$) o en millones de dólares (MUS\$).

Figura 10. Ventanas de Integridad Operativa (VIO)



2.6 VENTANAS DE INTEGRIDAD OPERATIVA (VIO)

Las Ventanas de Integridad Operativa (VIO's), ver Figura 10, son un sistema en línea o de registro manual de datos para garantizar la integridad de un equipo mediante el monitoreo de las desviaciones de los parámetros del proceso que fueron definidos por la estrategia de inspección original. Ellas proporcionan una alerta anticipada o temprana de las desviaciones de tal manera que se puedan emprender las acciones respectivas o apropiadas.

La presencia de una desviación alertará a los operadores de acuerdo con los criterios establecidos y se recomendará el curso de acción necesario para regresar a los parámetros normales. Otros elementos para asegurar la Confiabilidad desde el proceso, son las rondas estructuradas del Operador por toda la planta logrando así un óptimo cuidado básico del equipo.

2.7 CONFIABILIDAD HUMANA

Los procesos para la confiabilidad humana necesitan satisfacer ciertos criterios, como el que se tenga un sistema simple, no burocrático que sea comprendido por todos los integrantes. Que exista un Líder de Confiabilidad que tenga la visión del negocio y el conocimiento integral de los procesos. En cuanto a los roles Individuales, ver Figura 11, deben ser conocidos por todos y deben ser alcanzables con base en lo planeado y programado, con metas simples y claras que pueden ser medidas fácilmente para poder hacerles seguimiento periódico. Cuando no se consigue el cumplimiento, la gerencia debe tomar acciones que reevalúen la situación o se le haga un ajuste al programa. Cada falla humana debe ser vista como una oportunidad de aprendizaje.

Con base en lo anterior, debe existir un programa continuado para mejorar el conocimiento, entrenar a los individuos en las actividades que agregan valor al negocio de acuerdo con su especialidad y así mejorar su destreza para futuras oportunidades. La experiencia y habilidad de cada individuo se constituye como un activo para la organización. La información entre las personas debe ser dinámica y las herramientas informáticas deben ser bien administradas, para que éstas trabajen a la gestión de confiabilidad y no al contrario. Se deben estructurar y describir procedimientos e instructivos donde sean requeridos, de una manera óptima. La ergonomía de cada sitio de trabajo debe ser consistente con cada situación y ambiente del mismo.

2.8 SISTEMA PARA GERENCIAR EL RIESGO Y LA CONFIABILIDAD

En la Figura 12, se muestra el Sistema que describe el proceso de Gerenciamiento de la Confiabilidad como el gran sistema dinámico de control para la organización. Y la designación dentro de la Organización del Líder de

Confiabilidad es la clave del éxito. Esta posición deberá ser una designación de tiempo completo durante los primeros dos o tres años en que se vaya implementando la estrategia. Después de la implementación exitosa de este proceso, se podrá considerar el hecho de reducirla a una designación de tiempo parcial, pero nunca deberá ser suspendida y menos eliminada. La experiencia ha demostrado que en las refinerías en las que este proceso ha sido implementado de manera efectiva, la confiabilidad comenzó a mejorar inmediatamente

Figura 11. Elementos para la Confiabilidad Humana

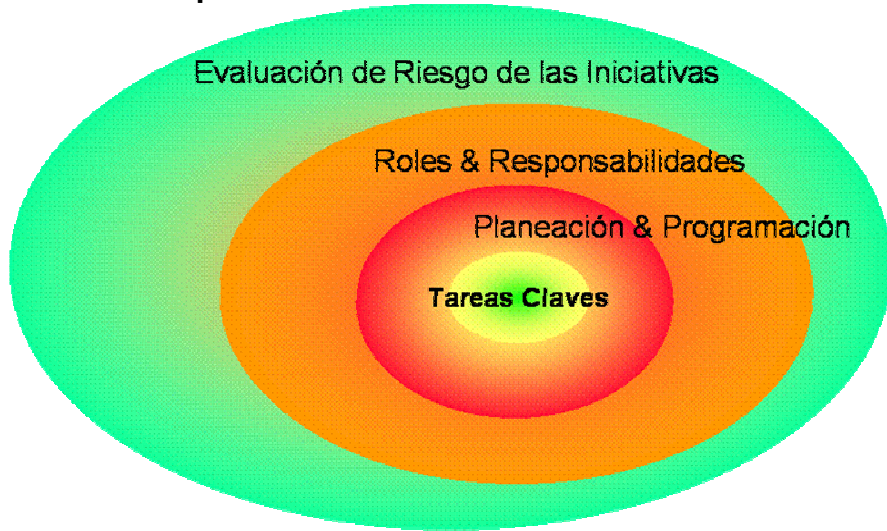
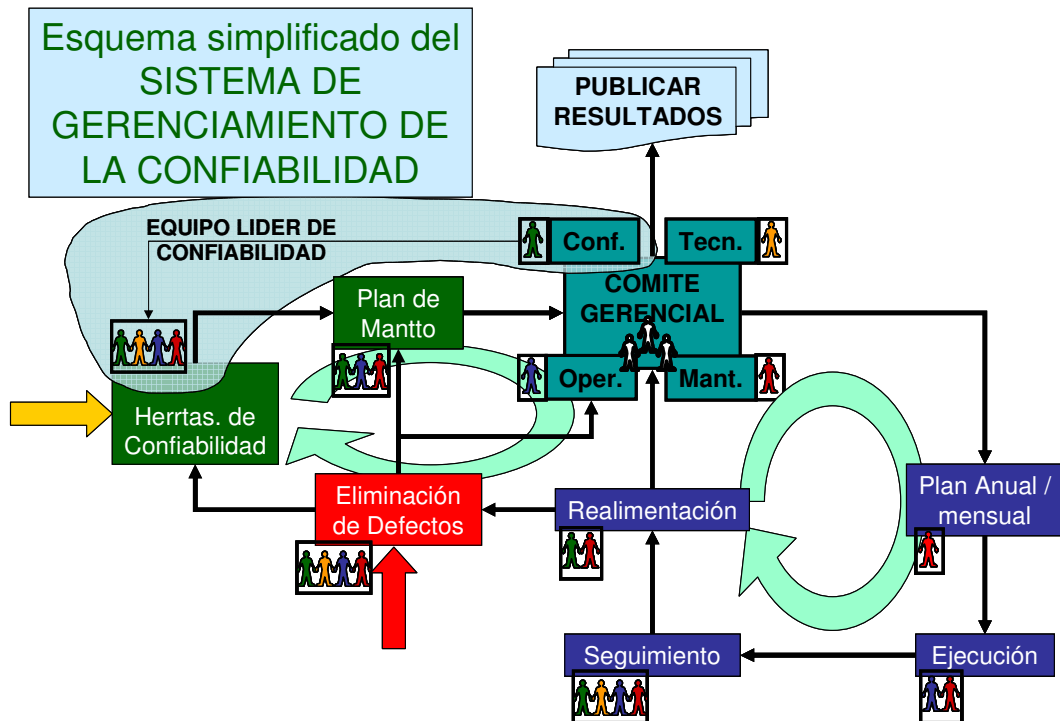


Figura 12. Sistema para el Gerenciamiento de la Confiabilidad y el Riesgo



3. ENFOQUE DE SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

3.1 RELACION ENTRE LA SALUD Y EL TRABAJO

El concepto de Salud Ocupacional, hay que plantearlo en su sentido mas amplio la salud. El triple equilibrio somático, psíquico y social, es el concepto de salud que debe estar presente en los seres humanos para que se pueda manifestar que estos tienen salud.

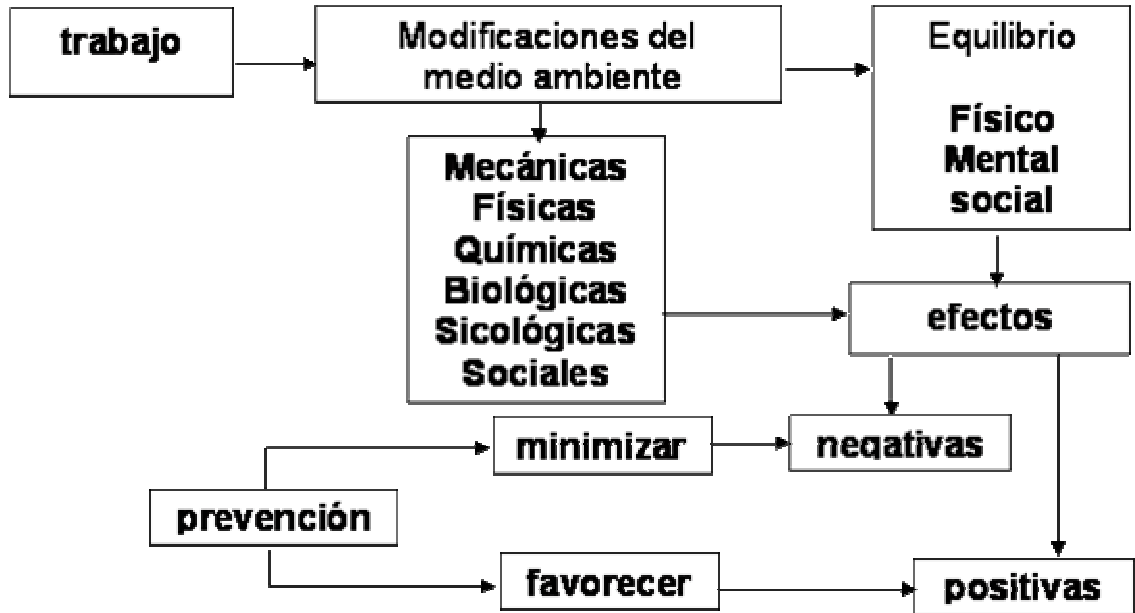
La salud es necesaria para trabajar, sin embargo trabajando se pierde la salud. Por lo tanto, lo que importa al campo de la salud ocupacional no es sólo lo que implica asuntos relativos con accidentes de trabajo, o los de enfermedad profesional, sino el verdadero desafío es ver el papel que juegan las condiciones generales de trabajo, en el conjunto del proceso salud y enfermedad.

Por otra parte, se ha de tener en cuenta que el riesgo ocupacional genera las patologías, mediante un proceso que puede articularse en forma de una cadena de riesgos, daños o consecuencias de los riesgos y ello tan sólo, para facilitar la identificación de las posibilidades de Intervención sobre los mismos. Es decir, las tareas de prevención en salud ocupacional.

Son las modificaciones producidas por el trabajo del hombre, las que generan las patologías. Este aspecto resulta importante para identificar los posibles riesgos, los procesos de valoración y, lo que se decide sobre la prevención de los riesgos. El detalle de los estadios entre el riesgo y, las consecuencias, se presenta tomando como base la cadena de trabajo y consecuencias, como una posibilidad para plantear inicialmente la organización de las estrategias de intervención.

No se puede limitar considerar como riesgos ocupacionales, solamente aquellas situaciones que han causado accidentes y enfermedades, sino que habrá que buscar el origen de todos los desequilibrios de la salud. Cualquier modificación introducida en un sistema de trabajo causará un desequilibrio en varios aspectos, Ver Figura 13, creando una nueva situación en la que los aspectos físico, mental y social de la Salud llegaran a otro estado de equilibrio.

Figura 13. Condiciones del Trabajo



3.2 LA SEGURIDAD E HIGIENE EN LAS CONDICIONES DE TRABAJO

Al enfoque de lo que hoy se conoce como condiciones de trabajo, abarca un conjunto de variables que definen la realización de una tarea concreta y el entorno en la que se realiza; éstas variables determinarán la salud del trabajador. Los aspectos organizativos funcionales de las empresas y empleadores en general, los métodos, sistemas o procedimientos empleados en la ejecución de las tareas, los servicios sociales que éstos prestan a los trabajadores y los factores externos al medio ambiente de trabajo que tienen influencia sobre él.

El concepto de medio ambiente de trabajo, se puede entender como:

- Los sitios, cerrados o al aire libre, donde personas vinculadas por una relación de trabajo prestan servicios a empresas, oficinas, explotaciones, establecimientos industriales, agropecuarios y especiales o de cualquier naturaleza que sean públicos o privados.
- Las circunstancias de orden socio-cultural y de infraestructura física que de forma inmediata rodean la relación hombre-trabajo.
- Las áreas situadas alrededor de la empresa.

Como consecuencia de la modernización tecnológica se fue consiguiendo la disminución del esfuerzo físico, pero al mismo tiempo también aparecieron

nuevos factores agravantes, producto de nuevos ritmos, modificación de horarios y otras nuevas circunstancias, convirtieron al hombre en un apéndice de la máquina. El estudio de estos nuevos factores de riesgo condujo a que nuevas condiciones podían favorecer los accidentes de trabajo, ya que todo daño causado al equilibrio fisiológico podía disminuir la capacidad de atención y vigilancia, limitar las facultades de percepción, alterar el sentido crítico y predisponer por ello al accidente. Hoy en día se tiende a identificar condiciones de trabajo con calidad de vida laboral. Se puede decir que el campo de las condiciones de trabajo comprende, entre otros, los siguientes ámbitos:

- Las condiciones materiales del ejercicio del trabajo, el esfuerzo y la fatiga, la temperatura y la ventilación.
- Las condiciones de Seguridad.
- La presencia de contaminantes en el lugar de trabajo.
- El interés de la propia tarea.
- El contenido psicológico y profesional, el carácter repetitivo, el carácter parcelario de la tarea, la monotonía, la tensión y carga mental.
- La posibilidad de utilizar en el trabajo los conocimientos.
- Utilización de capacidades.
- Oportunidad de aprender algo nuevo.
- La duración de la jornada de trabajo.
- La distribución de los horarios.
- El grado de flexibilidad existente.

Los factores de riesgo se han clasificado en cinco grupos.

- **Condiciones de Seguridad:** Las condiciones materiales que influyen sobre los accidentes: elementos móviles, cortantes, electrificados, combustibles. Para poder controlar estos elementos se deben estudiar las máquinas y las herramientas, los equipos de transporte, las instalaciones eléctricas, los sistemas contra incendios.
- **El Medio Ambiente Físico de Trabajo:** Se refiere a las condiciones físicas: ruido, vibraciones, iluminación, temperaturas y radiaciones.
- **Los Contaminantes Químicos y Biológicos:** Agentes que pueden estar presentes en el medio ambiente de trabajo, sus efectos para la salud, las técnicas de evaluación y las medidas correctoras para controlarlos.
- **La Carga Laboral:** Son las exigencias que la tarea imponen al individuo que la realiza: esfuerzos, manipulación de cargas, posturas de trabajo, niveles de atención; asociados a cada tipo de actividad, para poder determinar la carga de trabajo tanto física como mental, de cada tipo de tarea.

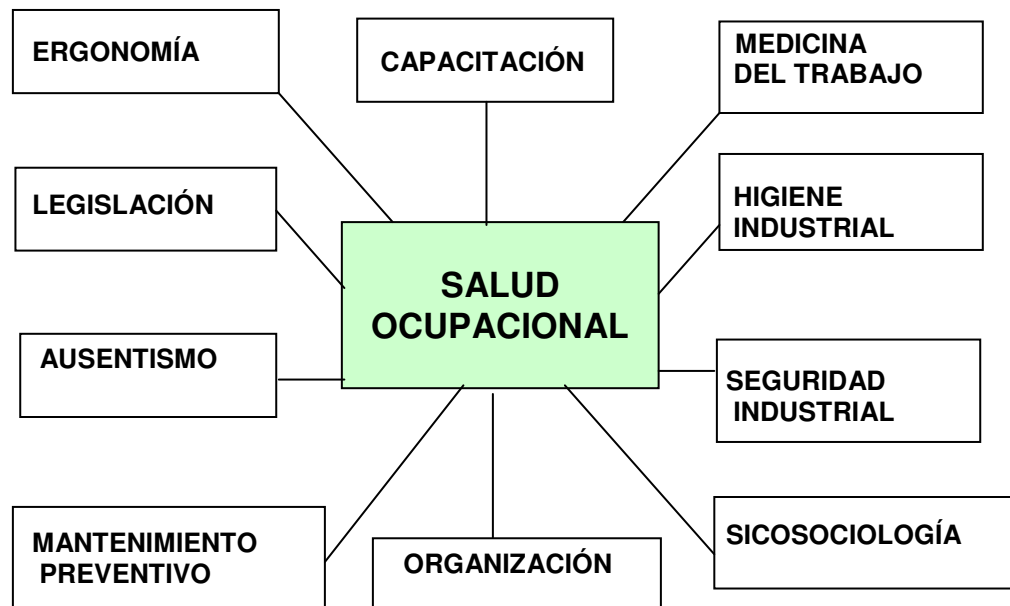
- **La Organización:** Los factores de la organización que pueden tener consecuencias para la salud de los trabajadores a nivel físico y sobre todo, a nivel mental y social. Considerando la forma en cómo el trabajo se fragmenta en tareas elementales, así como el reparto de éstas entre diferentes individuos, unido a la distribución horaria, a la velocidad de ejecución y, a las relaciones que se establecen dentro del centro de trabajo.

Estos cinco grupos no son excluyentes entre sí, es decir que en ocasiones se puede ver la conveniencia de trasladar factores de un grupo a otro. Además de existir frecuentemente la posibilidad de que varios factores estén al mismo tiempo presentes, lo que hace que se tenga que considerar la relación que se produce.

3.3 AREAS DE LA SALUD OCUPACIONAL

La salud ocupacional tiene distintas disciplinas, Ver Figura 14, las cuales son interdisciplinarias, y las que tradicionalmente se han manejado son la seguridad en el trabajo, la higiene industrial y la medicina del trabajo

Figura 14. Areas y Técnicas de la Salud Ocupacional



- **Seguridad Industrial:** Técnica que actúa en el medio y los objetos, estudia las condiciones materiales que ponen en peligro la integridad física de los trabajadores, proponiendo intervenciones para evitar o minimizar tanto los daños personales, como los materiales.

- **Higiene Industrial:** Técnica que actúa en el ambiente y estudia los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el medio de trabajo, que pueden causar alteraciones reversibles o permanentes en la salud.
- **Medicina Del Trabajo:** Técnica que actúa en el ser humano y estudia las consecuencias de las condiciones materiales y ambientales sobre las personas. Junto con la seguridad y la higiene, trata de establecer condiciones de trabajo que no generen daños ni enfermedades.
- **Ergonomía:** Conjunto de técnicas que tienen por objeto mejorar los aspectos del trabajo y sus medios, acordes con el comodidad de las personas.

3.4 RIESGO OCUPACIONAL

Existen muchas definiciones de riesgo, sin embargo de lo que se trata en este espacio, es permitir tener una aproximación de esta variable de una manera real y objetiva.

Un riesgo ocupacional se concreta con la existencia de una situación de trabajo, que podría romper el equilibrio físico, mental y social de las personas. Los riesgos ocupacionales son el producto de las modificaciones al medio provocadas por el trabajo del hombre y que podrían conllevar a consecuencias tanto humanas como materiales, en aquellos casos en que estos se desencadenen en hechos lamentables, pasando primero por la etapa de suceso. Por otra parte para el tratamiento de los riesgos se agrupan en dos categorías, de acuerdo con el tipo de patología que estos generan.

Los riesgos que generan **patologías traumáticas**, son aquellos en que sus consecuencias son de observación rápida o inmediata. Normalmente son equivalentes a los que producen accidentes de trabajo y se les acostumbra denominarlos, por la forma de **accidente** que podrían provocar, por ejemplo, caídas de altura, atrapamientos, golpes, etc.

Ahora los riesgos que generan **patologías no traumáticas**, en los que sus consecuencias no son de observación rápida o inmediata, normalmente son los que producen enfermedades profesionales y se les acostumbra denominarlos, por el tipo de **riesgo presente**, así, ruido, iluminación, contaminantes químicos, ergonómicos, etc.

El esquema planteado, apoyado en el conocimiento histórico de las consecuencias provocadas por los riesgos en épocas anteriores o en escenarios diferentes, permite establecer estrategias de prevención efectivas en salud ocupacional.

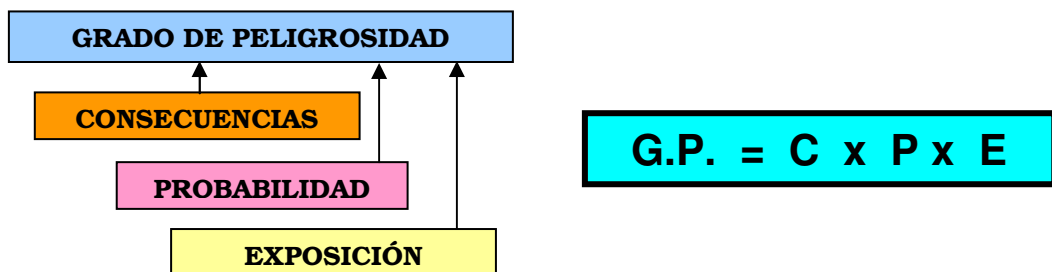
3.5 CRITERIOS EN LA VALORACION DE LOS RIESGOS OCUPACIONALES

La valoración de los riesgos es algo necesario para tomar decisiones sobre su intervención. De no hacerse esto, se podrían destinar recursos en donde no son necesarios o realizar acciones que realmente no tendrían la suficiente eficacia y no se intervendrían los que realmente requieren mayor atención.

La clasificación de los riesgos ocupacionales es hecha por el tipo de patología que cada riesgo puede generar y además cuenta con la opinión del individuo afectado en primer plano, de forma que se lleve a cabo una integración ponderada en ambas vías de la información. Esto se logra disponiendo de criterios realmente objetivos que eliminen la subjetividad de los hechos. Por lo tanto la manera como el riesgo se valora, queda definida por el grado de peligrosidad, Ver Figura 15, el cual queda establecido por los siguientes parámetros:

- **Consecuencias:** Son los hechos lamentables (que incluyen daños personales y materiales) mas probables que podrían suceder si el riesgo se materializa.
- **Probabilidad:** Es el parámetro que permite ponderar la posibilidad de que los acontecimientos provoquen que el riesgo se desencadene y originen las consecuencias no deseadas.
- **Exposición:** La frecuencia con que el individuo se enfrenta a la situación de riesgo evaluada, que ocasionaría el primer evento de la cadena hacia las consecuencias.

Figura 15. Grado de Peligrosidad (Cuantificación del Riesgo)



3.6 CONSECUENCIAS DE RIESGOS OCUPACIONALES NO TRAUMATICOS

El papel que juegan aquí los profesionales del área de salud es trascendental, sobre todo cuando enfocan su labor, hacia la búsqueda permanente de la relación que pueda existir, entre una patología observada en un trabajador y su ambiente de trabajo.

- Las relaciones que existen entre las alteraciones gástricas y el estrés.
- Las alteraciones cardíacas y el trabajo en ambientes térmicos.

- Las pérdidas de la audición y los ambientes de trabajo con altos niveles de ruido.
- Los trastornos síquicos causados por los ritmos y horarios de trabajo.
- Las pérdidas de agudeza visual ocasionados por los continuos deslumbramientos en los sitios de trabajo o por las continuas exposiciones a las pantallas de los cuartos de control.
- La relación entre algunas alteraciones respiratorias con el trabajo en ambientes de alta polución (gases, polvos, solventes, etc.).

Estas situaciones permiten a los profesionales de salud: médicos, enfermeras, y auxiliares, tener elementos necesarios para determinar la patología relacionada con el ambiente. La información obtenida de las consecuencias ayuda en el enfoque interdisciplinario que se da en la salud ocupacional, es por eso que programas como el de ausentismo con una estructura idónea, facilita el registro acerca de los hechos generados por los riesgos existentes en el trabajo y ésta información será útil para la intervención sobre los ambientes afectados.

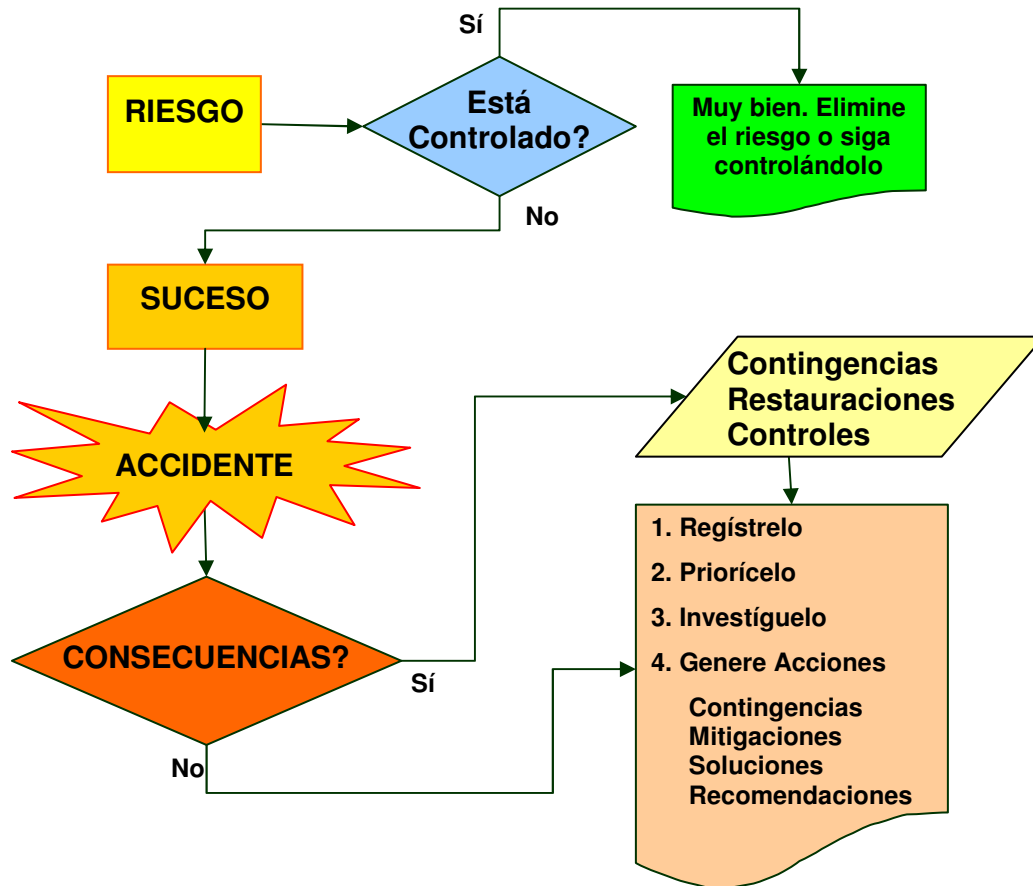
3.7 CONSECUENCIAS DE RIESGOS TRAUMATICOS

Aquí se establece una metodología, que permita orientar las medidas preventivas sobre los riesgos que han causado accidentes de trabajo. Hay que tener presente que bajo el punto de vista de riesgos y medidas preventivas.

El accidente de trabajo, debe considerarse como todo acontecimiento anormal que se produce en una actividad laboral y que ocasiona, o pudo haber ocasionado lesiones a las personas. En la mayoría de las situaciones no hay lesiones personales, pero que manteniéndose las mismas condiciones del riesgo, podrían de haberlas en un futuro; y es en este sentido es que la prevención, debe actuar. La investigación de accidentes es una técnica universalmente empleada que se considera como una de las fuentes básicas, ya que aprovecha la experiencia que puede deducirse de los errores, para la búsqueda de alternativas que permitan que no vuelvan a repetirse. Su importancia radica en la objetividad de los datos de un hecho que se haya presentado. Ahora bajo un enfoque previsible y prevenible en este contexto, se tiene el esquema contemplado en la Figura 16, de éste se puede decir también que:

- **Riesgo:** Es toda situación de trabajo que encierra una capacidad potencial de producir un accidente.
- **Suceso:** Son todos los hechos o circunstancias que desencadenan la potencialidad del riesgo.
- **Consecuencia:** Es el conjunto de secuelas humanas y materiales que se derivan del suceso.

Figura 16. Cadena del Accidente, Investigación, Prevención y Mitigación



3.8 CAUSAS DE LOS ACCIDENTES

La existencia de accidentes está ligada excusablemente a la existencia de riesgos ocupacionales. La falta de investigación sobre estos riesgos, genera la desinformación científica para prevención. Afortunadamente se dispone de una teoría para vincular los accidentes con los riesgos por intermedio de la determinación de las causas. En el desarrollo de los procesos de Investigación de accidentes de trabajo, no siempre culminan en la determinación de las causas reales que los motivaron. Habitualmente se culminan “echándole la culpa a alguien”. El fenómeno accidente y sus consecuencias, tiene una explicación natural, la cual permite la prevención de los mismos y el control de sus consecuencias, sus fundamentos se simplifican en tres teoremas o principios que se simplifican a continuación:

- **1er. Teorema:** Todo accidente, al igual que sus desagradables y no deseadas consecuencias, como fenómeno natural que es, tiene unas causas naturales. O sea que de manera trascendental para la seguridad industrial se puede afirmar que, los accidentes tienen causas y éstas son de origen natural.

A veces, por dificultades metodológicas o por falta de elementos de análisis, no es posible hallar con certeza científica, su explicación real, y por esta posible ignorancia o imposibilidad para describirlos, se llega a afirmaciones o supuestos de que el accidente ha surgido de la nada o “porque sí”. Por otra parte, la lógica humana, ancestralmente acostumbrada a desviarse en explicaciones sobrenaturales, cuando no tiene las herramientas del método científico, fácilmente encuentra explicaciones sobrenaturales a los fenómenos que observa o sufre. De aceptarse esta causalidad sobrenatural, la única seguridad posible sería también de tipo sobrenatural, la seguridad mágica de la oración, el fetiche, el amuleto, o cualquier otro elemento de índole esotérico.

- **2do. Teorema:** Todos los accidentes tienen más de una causa, no existen causas determinantes o únicas de los accidentes. La realidad inherente de este principio se confirma porque el accidente, es una situación final anormal, producto de la manifestación de un incorrecto funcionamiento del sistema productivo normal.

Tanto el estado inicial indeseado que es el accidente, como su estado final lesivo, se explican por la interacción de una nube de factores causales, cada uno de los cuales es a su vez explicado como, efecto o consecuencia de otros anteriores factores causales. Este teorema de la multicausalidad, permite superar el antiguo concepto de la causa única y el de la culpa, en la génesis mecanicista determinista de los accidentes, lo permite obtener el moderno concepto de los factores de causales múltiples, como síntomas disfuncionales del sistema de trabajo, en los que se basa la seguridad industrial moderna. Esto también ayuda a crear un esfuerzo pragmático de intentar clasificar los factores causales.

- **3er. Teorema:** En todo accidente se encuentran unas causas que actúan como factores de un producto y no como sumando de una sumatoria. Por lo tanto la eliminación de una sola, favorecerá para que el accidente no se presente.

Dado que resultaría imposible o poco práctico actuar sobre todos y cada uno de los factores de la nube causal, se debe limitar la acción sobre una o algunas de las causas que se consideran principales. La lógica de este planteo factorial, hace posible una reducción de esfuerzos que permite una estrategia mas económica para la seguridad.

3.9 FACTORES CAUSALES HUMANOS Y TECNICOS

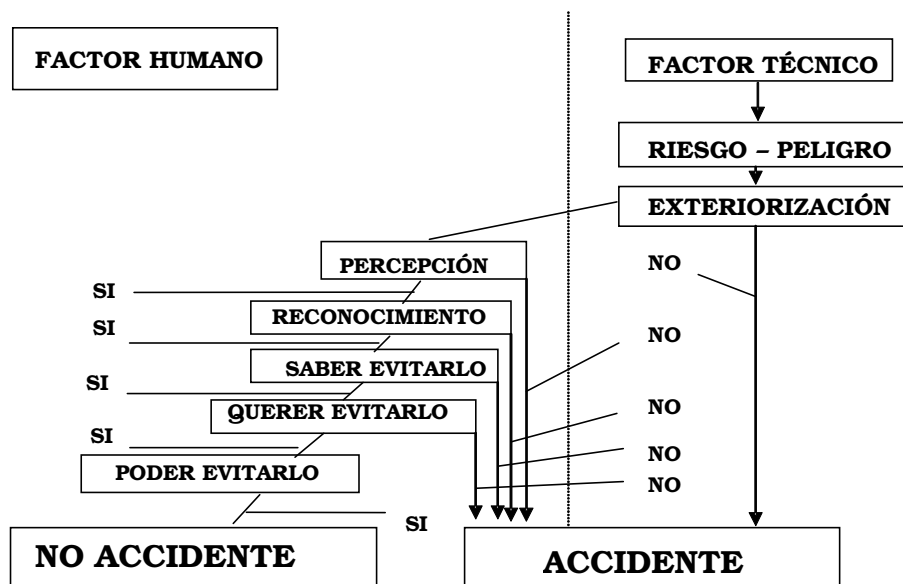
Los causales de los accidentes según su origen, provienen de dos fuentes importantes, factores humanos y técnicos.

- **Factores Técnicos:** son un conjunto de condiciones materiales que provocan causas y explican situaciones potenciales de riesgo y de peligro, que ocasionan la aparición de accidentes y sus consecuencias. A veces se les conoce con el nombre de **condiciones materiales inseguras o peligrosas**. Estos se pueden resumir en:
 - Características de las instalaciones y equipos o de métodos y sistemas preestablecidos.
 - Conjunto de condiciones materiales que originan causas.
- **Factores Humanos:** Son aquellas acciones u omisiones humanas que originan, causas y explican situaciones potenciales de riesgo y de peligro, dando lugar a la aparición de accidentes y sus consecuencias. A veces se les llama también **actos peligrosos o inseguros**, entre los que se incluyen los llamados gestos nefastos.

Pero la posible coexistencia de factores causales, tanto Humanos como técnicos, debe conducir al pensamiento protagónico histórico del hombre en el trabajo, que ha llevado a considerar que detrás de todo fallo técnico existe, siempre una acción u omisión humana conciente o inconsciente que lo explica.

La contemporánea revaloración de los factores causales humanos, hace énfasis, sobre todo, en los aspectos psico-sociales de la conducta humana y es por eso que cobra especial relevancia en el proceso de identificación de factores causales, Ver Figura 17.

Figura 17. Esquema de la Conducta Humana Defensiva ante el Peligro



3.10 INVESTIGACION DE ACCIDENTES DE TRABAJO

Hechas todas las anteriores consideraciones, se puede abordar la problemática de la **investigación de accidentes** de trabajo. Esta es una técnica utilizada para el análisis con profundidad de un accidente sucedido.

- **Objetivos:**

- Conocer de manera fidedigna los hechos sucedidos.
- Deducir rigurosamente las causas que los han producido.
- Eliminar las causas para evitar acontecimientos similares.
- Aprovechar las medidas para situaciones futuras y similares.

- **Metodología de la Investigación:** Es el procedimiento de actuaciones y criterios, para aplicar en la práctica de la técnica de investigación, la cual es conveniente estructurarla en fases o etapas. Las etapas son recopilar Información, integrarlas, determinar causas, seleccionar principales y organizar.

- 1. Recopilación de Información:** Que permita posteriormente la deducción de lo realmente ocurrido. Por lo tanto se debe tener en cuenta lo siguiente:

- En lo posible, debe realizarse la investigación in situ.
- Reconocer el puesto de trabajo en profundidad.
- Cuando sea posible, tomar fotografías o esquemas.
- Entrevistar a los testigos individualmente, no en grupo.
- Informar a cada testigo sobre el fin de la investigación.
- Conseguir de cada testigo la versión cronológica completa.
- No interrumpir la versión original del testigo.
- Al término de su versión, preguntar para aclarar dudas.
- Entrevistar si es posible al accidentado, si hace falta se debe ir a la clínica.

Los criterios para tener en cuenta son limitados, pero importantes en su aplicación:

- Realizar la investigación lo mas pronto posible, casi después de ocurrido el accidente.
- Procurar que no se alteren las condiciones del lugar del accidente.
- Evitar preguntas tendenciosas.
- No buscar culpables.
- No hacer juicios prematuros y limitarse a tomar datos.

- 2. Integración de la Información:** Valorar globalmente la información resultante, atendiendo a su fiabilidad y relación lógica con el contexto general, para poder llegar a la comprensión del desarrollo del accidente. El siguiente podría ser un proceso de deducción lógica:

- Concretar las distintas y posibles formas de desarrollo del accidente.
- Analizar cada forma posible independientemente.

- Relacionar los hechos y confrontar cada dato.
 - Depurar y anotar en cada caso la información que no concuerde.
 - Valorar la fiabilidad de los datos que no concuerden.
 - Concluir la forma de mayor probabilidad.
 - Aceptar solo los hechos demostrados por la observación o por su relación lógica con el contexto.
- 3. Determinación de Causas:** Hechos que se deducen mediante el análisis, con el fin de obtener todas las causas posibles del accidente, como respuesta a la pregunta, ¿Por qué sucedió?. Los agentes, hechos o circunstancias presentes en el acontecimiento plenamente demostrados deben ser considerados como causas y nunca los que se suponen que pudieron haber existido, por esto no son causas:
- Las que se deriven de un método no preestablecido.
 - Las que se fundamenten en meros supuestos o en algo que no existía.
 - Los actos que pudieron haberse ejercido, pero no propios del método.
- 4. Selección de las Causas Principales:** Son las que tienen una importancia decisiva, por la eficacia preventiva de su eliminación. Aquí se aplica el tercer teorema de la causalidad de accidentes a todas las causas obtenidas. Es por eso que las causas principales deben ser aquellas cuya eliminación individual evite el riesgo, el suceso o las consecuencias en todos o al menos en un porcentaje muy alto de casos, dentro de las posibilidades metodológicas, procedimentales, tecnológicas y económicas actuales.

En la práctica con el fin de facilitar la determinación de las causas se recomienda utilizar, la Figura 18, el cuadro presentado en la Tabla 1, consignando en cada espacio, todos los motivos que se consideren como posibles. Después se aplica sucesiva y metódicamente a todas las causas posibles, cada uno de los criterios presentados, eliminando aquellas que no cumplan alguno de ellos. Además en la Tabla 2, se presenta un esquema que contiene una guía para la presentación de un informe resultado de una investigación de un accidente de trabajo.

Tabla 1. Determinación y Ordenamiento de Causas

ORGANIZACIÓN DE CAUSAS DE ACCIDENTE LABORAL			
CAUSAS		PRINCIPALES	CORRECCIÓN
ORDEN DE RIESGO	TÉCNICAS		
	HUMANAS		
ORDEN DEL SUCESO	TÉCNICAS		
	HUMANAS		
ORDEN DE LAS CONSECUENCIAS	TÉCNICAS		
	HUMANAS		

Figura 18. Búsqueda Sistemática y Ordenamiento de Causas

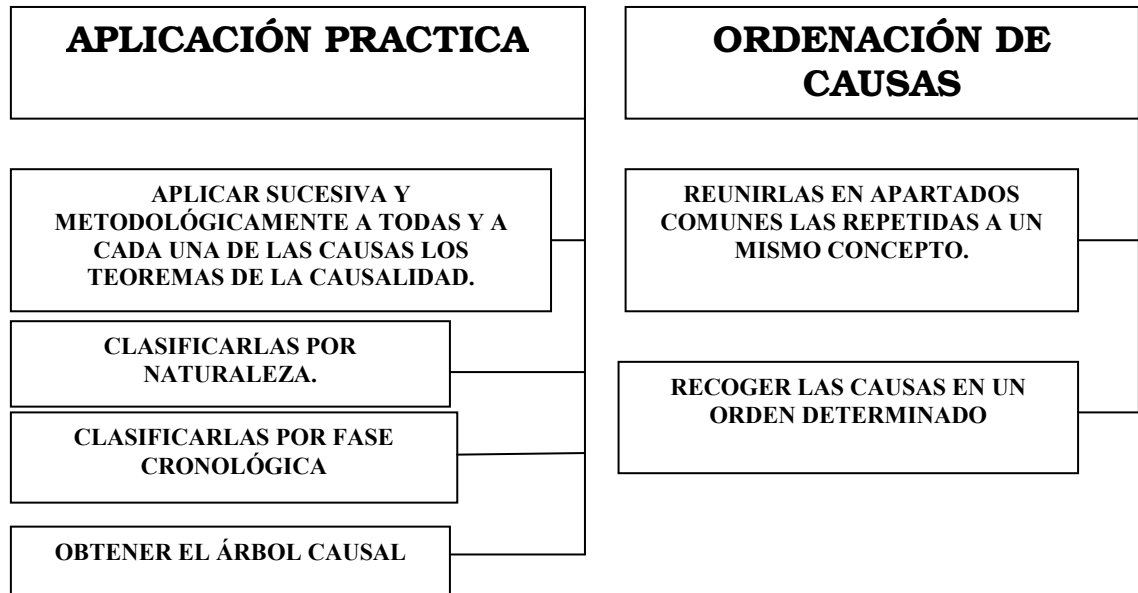


Tabla 2. Modelo para el Informe de Investigación de un Accidente de Trabajo

MODELO GUÍA DE INFORME
1. Datos del accidente: Fecha, hora del día, hora de trabajo, lugar. Puesto de trabajo y dependencia. Consecuencias humanas y materiales. Referencias a la declaración del accidente.
2. Datos de la Visita Técnica: Nombre del investigador y fecha. Lugares visitados. Personas consultadas, testigos. Mediciones técnicas efectuadas.
3. Método de Investigación: Describir el método seguido para llevar a cabo la investigación.
4. Datos del Agente Material: Describir el agente material causante del accidente. Marca, Modelo, año. Todo aquello que pueda aportar datos a las conclusiones.
5. Descripción del Trabajo: Resumen del método de trabajo que se realizaba. Fase del trabajo en que se inició el accidente.
6. Descripción del Accidente: Descripción cronológica y estricta de los hechos deducidos. Si procede, con apoyo de fotografías, esquemas, etc.
7. Consideraciones Técnicas: Información trascendente. Declaraciones básicas para la conclusión, declaraciones contradictorias no admitidas, cualquier cosa de interés técnico.
8. Causas Principales: Se deben recurrir de forma sintética, preferiblemente en un cuadro, las Causas Principales tanto de origen Técnico como Humano. Presentando además las posibles medidas correctivas de Previsión, Prevención y Protección (Humanas y Técnicas).
9. Conclusiones: En esta sección el investigador debe concluir sobre las Causas y las Medidas de Intervención Técnicas y Humanas.
10. Bibliografía Consultada: En este espacio se debe recopilar las referencias Bibliográficas en las que se apoyó tanto para las posibles causas, como para las recomendaciones y medidas técnicas. También sobre accidentes similares.

4. CONTEXTO PARA LA ELIMINACION DE DEFECTOS

4.1 BUSQUEDA DE LA EXCELENCIA ORGANIZACIONAL

Se dice que la organización es uno de los grandes inventos del hombre de todos los tiempos, sin embargo la mayoría de los animales como los insectos, tienen organizaciones, se sabe que funcionan, pero aún hoy sigue siendo un misterio para la ciencia de cómo logran llevar a cabo un sin número de tareas de manera efectiva y armoniosa. Volviendo a los seres humanos, sus organizaciones con todos sus componentes tienen como propósito funcionar eficiente y coordinadamente como una unidad. Sin embargo en la realidad no siempre sucede de esta manera, los componentes en cada uno de sus niveles operan ineficiente e indistintamente que en ocasiones se percibe que los intereses individuales no son los del grupo. A pesar de que se logran resultados, las cosas bien podrían hacerse mucho mejor. Es por esto que grandes analistas y las personas que dirigen y hacen parte de una organización concuerdan en que se puede lograr una mayor productividad si se encuentran maneras efectivas, eficientes y eficaces dentro de la administración y operación de una organización.

Cuando las personas interactúan por una causa común, se dice que actúan de manera integrada. La unión de un grupo nace y se fortalece con la comprensión entre los individuos, las adaptaciones de cada uno de los integrantes con los otros miembros del grupo, el aprecio común y otros beneficios de índole física y psicológica. Sin embargo este tipo de grupo no es un equipo. El equipo basa sus principios de funcionamiento en las capacidades técnicas y habilidades físicas de sus individuos que actúan mancomunadamente para el logro del propósito y la aceptación entre sus miembros se da como consecuencia y no como objetivo inicial, de ahí que los integrantes de un equipo deban tener la capacidad de tolerarse para poder trabajar estrechamente.

Un equipo directivo de una organización son personas especialistas de diferentes áreas del conocimiento, que entregan sus aportes de acuerdo con los requerimientos de la organización y en virtud de su experiencia y conocimiento único. Todos los esfuerzos de estos individuos por una meta común realizable y de acuerdo con unas directrices y procedimientos establecidos de manera organizada, sensata y con un lenguaje común permitirán a este equipo de dirección lograr los resultados deseados.

Durante años los sociólogos han dicho que el ser humano se resiste al cambio, pero si se comienza a mirar con mas fondo el asunto se puede percibir que so lo se resiste a lo que no entiende o a lo que le genera desconfianza porque va en contra de sus intereses y de otro lado realmente aceptan cambios que realmente les parezcan buenos para ellos y su entorno. Para mejorar una organización y seguirla haciendo competitiva siempre se debe estar a la caza de nuevas ideas, pero también es de conocimiento común que las ideas nuevas y benéficas para la organización por si mismas no generan la transformación, se necesita del concurso de las personas para lograr el cambio. Hoy en día nadie lo sabe todo y el conocimiento, experiencia y habilidades está irrigado entre todos los miembros de la organización, es por estos que se debe promover entre sus miembros la participación y compromiso, logrando el verdadero trabajo en equipo, para que los cambios hagan realidad las expectativas de tener actividades mejores y más productivas.

4.2 CUATRO PATRONES BASICOS DEL PENSAMIENTO

El trabajo en equipo puede lograrse si se busca que las personas de una manera consciente utilicen cuatro patrones del proceso mental, que forma individual e inconsciente ya utilizan. Existen cuatro patrones básicos del pensamiento que fueron utilizados por la humanidad en sus inicios, ya que les permitía sobrevivir, ya sea adaptándose al medio dominando los elementos o resolviendo problemas en la caza colectiva; hoy en día estos cuatro patrones prevalecen y pueden ser muy útiles en cualquier organización.

- **Evaluar y Aclarar Situaciones:** Es el mas importante de los cuatro, ya que permite abrir el círculo de una serie de interrogantes que permiten obtener la respuesta a cualquier situación conocida o desconocida. Si alrededor de algo que causa preocupación, se genera la inquietud de **¿Qué está pasando?** Quizás con un alto porcentaje de probabilidad la respuesta se obtenga y permita buscar nuevas alternativas para solucionar un problema. Los animales se adaptan y cambian en respuesta a los cambios de su entorno, pero el ser humano se adapta, eligiendo y decidiendo alrededor de la conducta que mas le favorezca.
- **Toda Causa tiene un Efecto:** Este patrón permite relacionar los hechos de un suceso determinado, el antes y el después, el esto o el aquello, con el interrogante del **¿Porqué está pasando?**, se puede llegar al entendimiento y significado de los fenómenos naturales y administrativos que a diario suceden. Por medio de este patrón se pueden llegar conclusiones para crear la estrategia que permita dominar los elementos y no al contrario, con el se puede llegar a relacionar que todo efecto es provocado por una causa y de esta manera llegar a entender desde la situación mas sencilla hasta la mas

compleja, permitiendo así crecer en sabiduría y tener un control mas benéfico del medio circundante. Los niños siempre preguntan ante todo lo que ven ¿y porqué?, lo que demuestra que es un patrón básico de pensamiento del ser humano.

- **Elegir Alternativas:** Este tercer patrón de pensamiento permite establecer que ante toda situación se pueden elegir opciones razonadas para dar el paso siguiente. Ante una situación enfrentada, entendida su naturaleza y conocida su causa, se llegaba a un paso en la que debían tomarse decisiones, es aquí donde nace el tercer interrogante de **¿Qué se debe hacer?**. La importancia de este patrón radica en el hecho de que se debe tomar la decisión o decisiones que mas convengan, ya que si no se escoge la mejor opción es posible cometer errores que puedan ocasionar que la situación empeore. Para lograr la mejor decisión, de tal manera que se pueda actuar de segura y productivamente, se podrían tener en cuenta las siguientes tres consideraciones:
 - Determinar con claridad el propósito.
 - Considerar todas las opciones disponibles.
 - Evaluar los riesgos relacionados con las opciones.
- **Anticipar el Futuro:** Los tres patrones de pensamiento revisados anteriormente permiten ver la perspectiva de la naturaleza pero este cuarto patrón ayuda a verla de manera prospectiva, es decir que permite observar cualquier situación pasada o actual en dirección del futuro. A la pregunta de **¿Qué sucederá?** y poder ver las oportunidades y amenazas que puedan surgir, permitirán crear con anticipación una idea del futuro para enfrentarlo de acuerdo con las posibilidades y adaptarlo para los requerimientos y necesidades propias. Sin embargo los problemas del hoy son mas urgentes que los problemas que puedan surgir en el futuro, esta es una situación que no favorece a este cuarto patrón, pero se debe hacer el esfuerzo para dedicar recursos en este escenario que ayuden a vislumbrar el futuro y la todas las situaciones buenas o malas no aparezcan de manera desprevenida para los intereses de la organización.

4.3 TRINIDAD DE LA CALIDAD Y LA COMPETITIVIDAD

Mucho se ha escrito acerca de la competitividad y de la calidad, también en diversos escenarios se ha escuchado hablar de eficiencia, eficacia y efectividad, Ver Figura 19. Todas las organizaciones del mundo, a través de todos sus procesos de gestión persiguen constantemente este propósito. Llegar a los niveles de competitividad que exige el mercado, requiere de muchos elementos de gestión y de un amplio compromiso de todos en la organización así como conocer muy bien el negocio que se tiene, como se hace lo que se hace y como

interactúan todos sus procesos. Estas son unas de las muchas consideraciones que se requieren para lograrlo, sin embargo no solo debe ser cuestión de propósito y entusiasmo, se necesita del pensamiento ordenado y la rigurosidad frente a los hechos para lograrlo.

- **Calidad:** Concepto que permite enfocarnos hacia el cliente y que busca lograr su satisfacción a través del cumplimiento de lo previamente pactado, las especificaciones cumplidas, la funcionalidad y confianza de un producto y de todas aquellas características no solicitadas ni esperadas por el cliente, pero que de igual manera logran su satisfacción. Trabajar con calidad es garantizar el mínimo (o a veces cero) defecto y ser oportunos en términos generales. Este elemento es uno de los ingredientes fundamentales de la productividad. Sin embargo hoy en día aún existe el tabú de que la calidad cuesta, pero se sabe que se puede llegar a niveles altos de calidad a un precio razonable para el consumidor, por lo que se podría decir que un producto tiene un precio alto o bajo sencillamente no es por la calidad sino por las especificaciones solicitadas, ya que cada cosa que se quiera adicional, tendrá un incremento adicional del precio base. Lo anterior no solo aplica para el producto final, aplica también para todos los procesos técnico administrativos de la cadena productiva de una organización; si todos los elementos están presentes en ella, la calidad del producto final solo es su reflejo.

- **Eficiencia:** Desde el punto de vista físico es, la habilidad para convertir en trabajo o producto, la energía que se consume. Podría estar dada por:

$$\eta = \frac{W_{Desarrollado}}{E_{Consumida}} \leq 1$$

La eficiencia físicamente en el mundo real, nunca podrá ser mayor que la unidad, ya que por el solo hecho de realizar una conversión de energía, siempre existe una parte que se disipa en pérdidas y las asume el sistema, sin embargo lo importante aquí es búsqueda permanente de disminuir esas pérdidas.

- **Efectividad:** Es la habilidad para lograr un resultado de acuerdo con un plan (programa) establecido. Su relación se puede escribir como:

$$\beta = \frac{R_{Obtenido}}{P_{Establecido}} \leq = \geq 1$$

La efectividad está bastante afectada por lo que se pacte en un momento dado versus los recursos y técnicas que se tengan y apliquen para obtener el resultado, es por esto que no necesariamente podría ser menor que la unidad, en algunos casos puede ser superior a ella.

- **Eficacia:** Es la habilidad para lograr un resultado de acuerdo con un tiempo establecido. Su relación se puede escribir como:

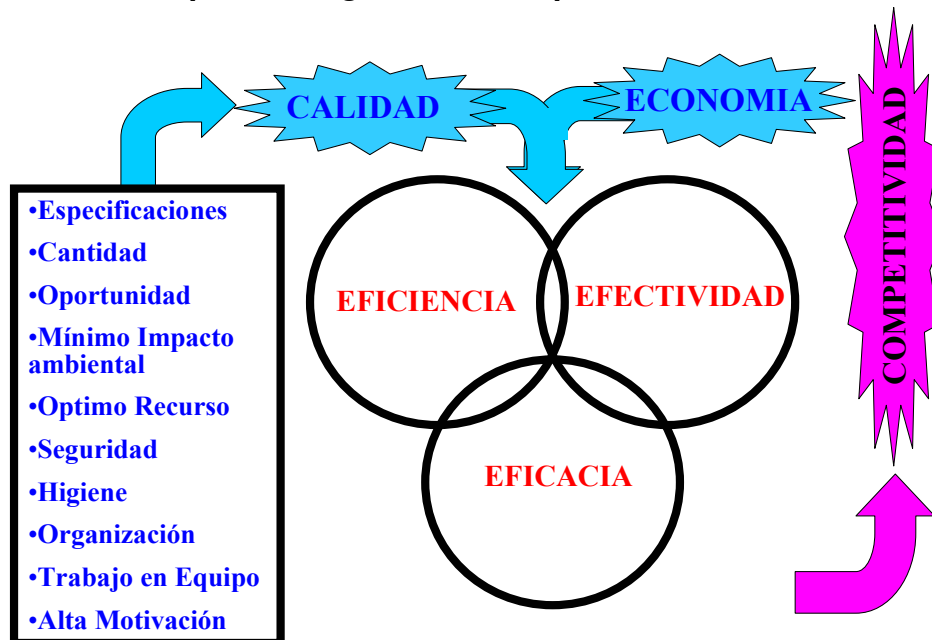
$$\mathcal{T} = T_{\text{Realizado}} / T_{\text{Establecido}} \leq = \geq 1$$

Igual que para la anterior, la eficacia depende en gran medida con lo previamente pactado y su resultado puede ser inferior o superior a la unidad.

Los tres elementos anteriores eficiencia, eficacia y efectividad por si solos no cumplirían el logro de la competitividad, deben estar acompañados de dos ingredientes fundamentales, uno de ellos es la calidad, pues esta permite establecer uno de los propósitos fundamentales de la organización, que es la satisfacción del cliente. Otra es la economía, ya que se podrían llegar a altos niveles de eficiencia, efectividad y eficacia pero realizando una gran inversión económicas y por este aspecto el precio de nuestros productos se elevarían y no se sería competitivo.

Se sabe que la meta u objetivo principal de una empresa es ganar dinero y los clientes no solo están satisfechos por la calidad de los productos, sino por el precio que el producto tiene; si se gasta mucho dinero dentro de la organización para que los tres elementos mencionados giren a su máxima revolución, nada tendría sentido. Lo que si tiene sentido es hacer que las ruedas giren armónica y de manera sincronizada a un costo óptimo (inversión necesaria y justificada) para que realmente se pueda ser competitivo.

Figura 19. Trinidad para el Logro de la Competitividad



4.4 LO QUE SE PERSIGUE CON LA ELIMINACION DE DEFECTOS

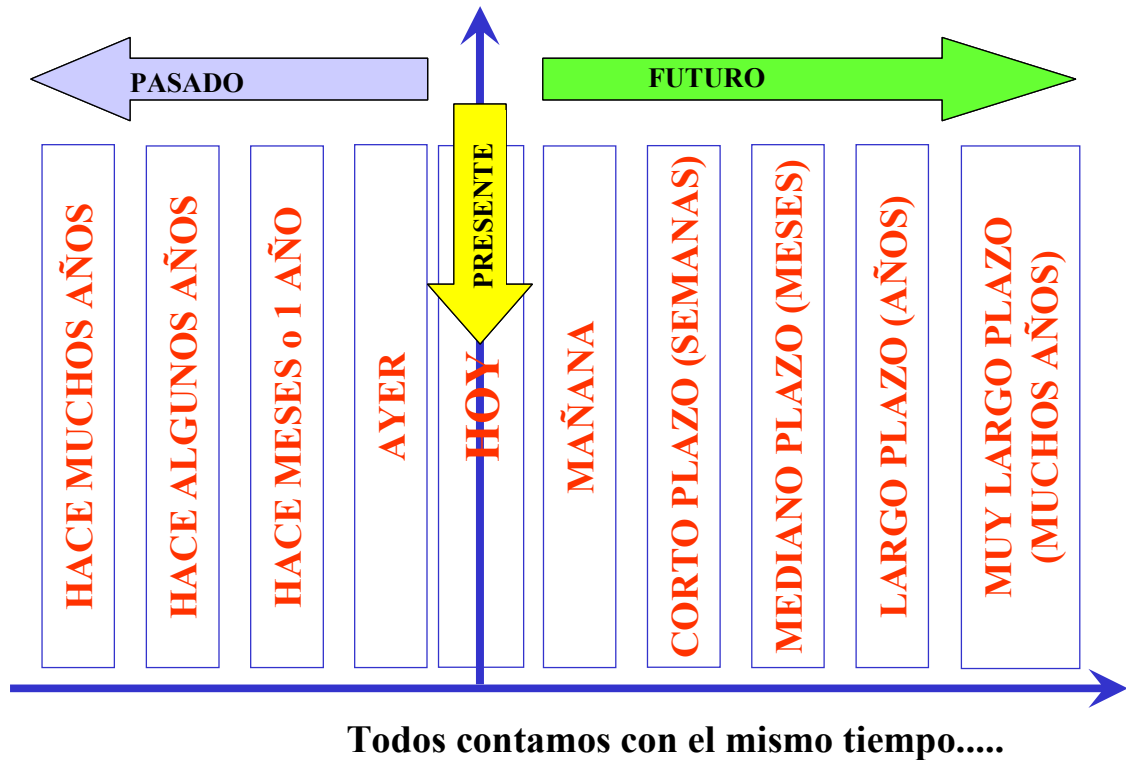
Para comenzar a entender la estrategia debemos primero saber que es lo que se persigue. Es por esto que observando el desarrollo de los dos capítulos anteriores, lo que una organización (grande o pequeña) pretende es ser más productiva y que las cosas que la vuelven improductiva, son el inadecuado manejo que tienen de sus problemas. Estos problemas están traducidos en fallas recurrentes y costosas de sus equipos industriales, caídas de plantas que afectan los pronósticos de producción, incidentes y accidentes que generan grandes pérdidas materiales y hasta de vidas humanas, cuellos de botella que generan restricciones en sus procesos y hasta procesos administrativos diseñados incorrectamente que provocan ineficiencias laborales y un bajo resultado en los objetivos de la organización. Con todo esto en mente, se puede decir que la estrategia en sí quiere es identificar la brecha que separa a una organización improductiva de una competitiva y que donde se detecte la existencia de problemas, se puedan convertir en oportunidades para la organización. Estructurar algo así no es difícil, pero si merece el concurso de todos y un gran compromiso de la gerencia.

En este capítulo se presentarán una serie de consideraciones que buscarán una comprensión objetiva de cada uno de los escenarios involucrados.

4.5 MOLDEANDO EL FUTURO CON BASE EN LA EXPERIENCIA

El universo, la vida, las cosas de las que se tiene conciencia, es un conjunto de situaciones y elementos que están enlazados o conectados en todas las direcciones espacio temporales conocidas. Escenarios, entornos, lugares, ambientes, cosas (con forma o amorfas), es a lo que se ha denominado como universo físico o consideraciones espaciales. Ahora si se observa a esa extraña e intangible pero conocida variable que llamamos tiempo, es la que ha permitido crear la conexión entre el pasado, el presente y el futuro; todo lo que hoy existe, está antecedido por lo que ayer fue y así mismo todo lo que sea el mañana obedecerá al resultado de lo que está sucediendo hoy; a esto es lo que se conoce como el tiempo y de una u otra manera le da forma al universo físico. El orden en que se presentan las tres estancias de tiempo mencionadas es unidireccional, en ese mismo orden en que se mencionaron y su magnitud es constante, pues todos los procesos industriales que sustentan la economía actual, se mueven aún dentro de la mecánica clásica (newtoniana), es decir que el ayer, el hoy y el mañana, tienen 24 horas y que bajo ese contexto, todo el mundo físico cuenta, por así decir con las mismo tiempo, ni mas ni menos. En la Figura 20, se trata de ilustrar lo expresado.

Figura 20. Diagrama de Tiempo Vs. Hechos / Actividades



Por lo anterior se pueden decir varias cosas de manera conciente:

1. El pasado o el ayer no se puede cambiar
2. El presente o sea el hoy, es el estado mas conciente de nuestro ser, es posible percibir todo a medida que se va manifestando o revelando.
3. El futuro es el escenario temporal promisorio, ya que nada aún está dibujado sobre sus páginas y es posible hacer, que cosas que se planteen en el presente, construir las allí. Por esta razón será posible modelarlo y moldearlo de acuerdo con nuestras pretensiones.

Si se enlaza estas divagaciones con el contexto para la eliminación de defectos se puede afirmar lo siguiente:

1. Que no es posible solucionar las cosas del pasado en el presente, pero tampoco se debe pretender observar lo irremediable permanentemente de manera lamentable. Lo que si es posible hacer de manera proactiva es aprender de el, para que las cosas que sucedieron, sirvan de base para construir el presente y crear una proyección clara y desenredada para el futuro.

2. De acuerdo con lo anterior también se puede decir que nada de lo que pueda ocurrir en el futuro, será fortuito y que todo lo bueno o malo que se puede hacer, obedecerá a un encadenamiento de hechos y recursos (plan) que pueden ser logrados paso a paso y pequeños logros requerirán un menor esfuerzo y un lapso de tiempo corto, pero logros de gran envergadura requerirán un esfuerzo superior y tiempo mayor.
3. Si se hubiera hecho esto o aquello, nada de esto “hubiera ocurrido”, es lo que se suele escuchar, alrededor de alguna situación desagradable que sucedió y que se quisiera cambiar, pero no es posible, ya que no se puede reparar el pasado. Lo posible es aprender de esta desagradable experiencia y crear las medidas preventivas hacia el futuro.
4. Cuando algo ha sucedido recientemente (ayer, hace una semana o quizás un mes) tal vez podamos recordarlo con lujo de detalles, y reconstruir lo sucedido fácilmente. Pero si sucedieron hace mucho tiempo, la posibilidad de recrear las cosas es mucho más difícil, por consiguiente la realidad alrededor de este hecho sería presuntiva.
5. Que todo hace parte del mismo universo y que cualquier cosa que se haga o suceda aquí, afectará de una u otra manera a la que está allá. Por este motivo es recomendable ir identificando que todo puede ser multi-causal o multi-consecuencial, en mayor o menor grado.

4.6 EL DEFECTO ESTA INHERENTE EN LO QUE SE HACE

Como se manifestó en la introducción de este trabajo “no se debe olvidar que se es parte de un universo imperfecto y que por lo tanto también la imperfección es una característica que se posee, es decir que cualquier cosa que se piense, se diga o se haga, lleva implícito un halo de imperfección”. Ver Figuras 21 y 22. La anterior consideración puede ser manifestada de manera consciente e inconsciente y depende de:

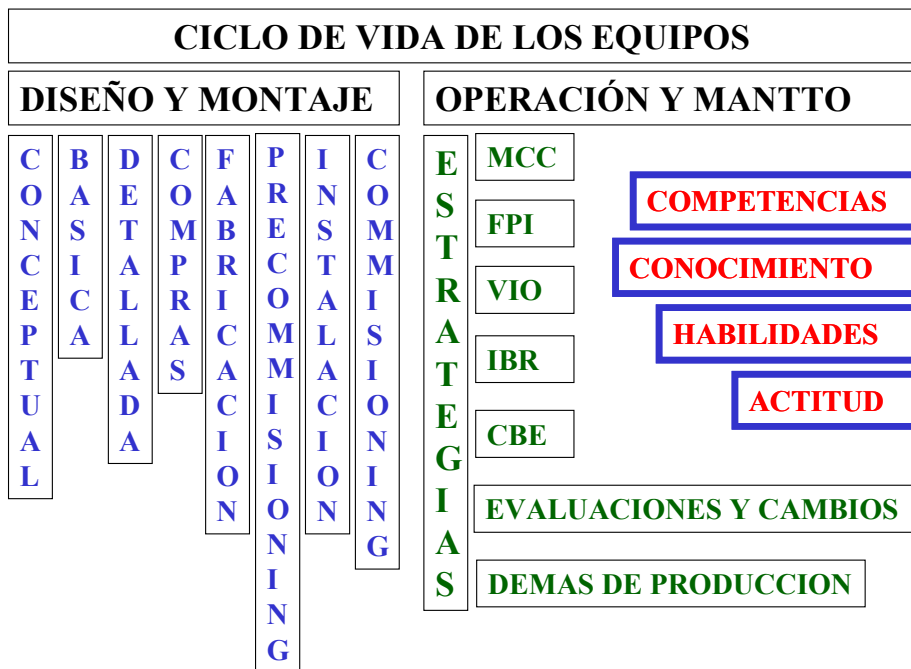
- **Conocimiento de lo que se hace:** Tiene que ver con la deficiente competencia del individuo. Si no se conoce bien lo que se hace, existen numerosas posibilidades de que algo no salga como estaba previsto.
- **Habilidad (aptitud) con que se hace:** También tiene que ver con la baja competencia. La baja destreza con que se hacen las cosas pueden ocasionar resultados desfavorables para el propósito que se persigue.
- **Concentración en lo que se hace:** Tiene que ver con el entorno inadecuado del individuo. El hecho de no poder concentrarse por diferentes motivos (preocupaciones, exceso de trabajo, presión organizacional, ergonomía, etc.) conllevan a situaciones de riesgo.
- **Actitud con la que se hace:** Tiene que ver con el mal comportamiento. La negligencia, falta de prevención, apatía, irreverencia desenfocada de los individuos ocasionada por múltiples causas (baja estimulación, falta de compromiso, remuneración, etc.) también arroja resultados negativos.

- **Intención por la que se hace:** También tiene que ver con el comportamiento del individuo con la organización y podría conllevar a consecuencias desagradables.

Figura 21. Manifestación de los defectos



Figura 22. El Defecto está presente en el Ciclo de Vida de los Equipos



En fin se podría seguir enumerando muchas razones por las cuales los defectos podrían aparecer en las cosas que los seres humanos hacen. Es por esto que en muchos artículos relacionados con este tema se dice que “los accidentes realmente no ocurren, si no que son provocados”² de manera consciente o inconsciente. Pero también se puede lograr que las cosas se hagan correctamente y los resultados se den de acuerdo con lo previsto. Si se trabaja de la manera correcta, es decir previendo todas las situaciones anteriores y abordándolas de manera estructurada, solo así es posible, sino eliminar el defecto, por lo menos administrarlo, minimizando sus consecuencias si es que se manifiesta o controlando su estado latente, es decir que aunque se tenga, evitar que se manifieste.

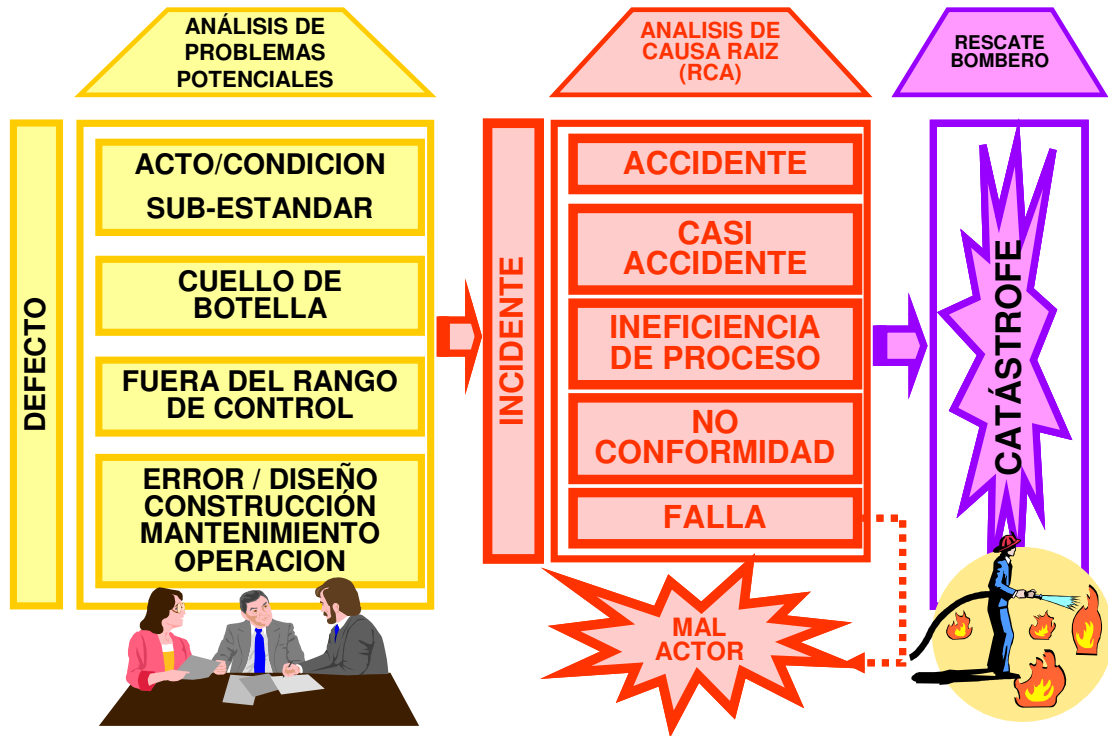
4.7 PROBLEMAS POTENCIALES, INCIDENTES Y MALOS ACTORES

Como se dijo, los defectos son inherentes a la naturaleza humana y siendo conscientes de esto, se puede decir que en donde se debe colocar toda la atención para mejorar la confiabilidad de los procesos, es en entender como se presentan las situaciones alrededor de esta característica natural y así poder plantear todas las consideraciones al respecto, diseñar las estrategias que permitan trabajar en la dirección correcta y optimizar los recursos para poder administrar los riesgos con un enfoque integral. La Figura 23, muestra que el punto de partida es el defecto, hacer las cosas hasta que tengan cero defectos (queden perfectas) no es práctico ni económico, sin embargo en un proceso de mejoramiento continuo es factible lograrlo, y la estrategia que se desarrolla en este trabajo, es un modo de hacerlo.

Bueno todo defecto produce una característica no deseada en lo que se hace (dentro de cualquier escenario de la cadena productiva) y que en ciertas ocasiones son difíciles de identificar, a estas primeras consecuencias del defecto se les puede conocer como actos o condiciones sub-estándar, errores de diseño, errores de construcción, etc. que aunque no hayan reflejado físicamente el problema, no quiere decir que no existan y por consiguiente el problema se encuentra latente, con la posibilidad de que aparezca de manera súbita o paulatina en cualquier momento, desencadenando a un incidente o incidentes con sus consecuencias. Existen estrategias en muchas organizaciones para administrar estas situaciones en esta primera etapa y se tienen diversos programas, para abordarlas y controlarlas antes de que el incidente aparezca; el análisis de problemas potenciales es la metodología que en conjunto con herramientas preventivas, predictivas y proactivas permiten realizar la gestión y salvaguardar la integridad de los procesos.

2. Hydrocarbon Processing Magazine. Operador mantenedor, clave para reducir fallas. Octubre 2002

Figura 23. Identificando los ladrillos para entender la estrategia



Sin embargo no todo es posible detectarlo en esta primera etapa, ya sea por que un factor externo o interno apareció e hizo que se perdiera el control de la gestión provocando una deficiencia del aseguramiento o porque sencillamente se ha desconocido completamente lo que sucede alrededor de algo. Cuando el incidente aparece puede generar otra serie de situaciones, que son lamentables o no dependiendo del impacto (económico, ambiental, integridad humana o de imagen propia) que este halla generado; estas otras situaciones pueden ser un accidente, un casi accidente, alguna ineficiencia de proceso, o simplemente una falla (funcional o degradada) de un equipo de la cadena productiva, que de repetirse paulatinamente convertirían a este equipo en un mal actor. Tipo de hechos como estos, a veces se convierten en catástrofes que generan un impacto negativo enorme para la organización.

En muchas organizaciones, como se vio en el capítulo 1, se ha abordado de alguna manera el planteamiento de estrategias que permitan encontrar las causas y generar acciones para evitar que la situación se vuelva a presentar. Este tipo de estrategias tienen un gran componente reactivo, pues actúan y pueden ayudar solo cuando el problema ha aparecido y ha causado ya alguna pérdida. La metodología utilizada para ayudar en la gestión, en sí, ha adoptado diversos nombres con el paso del tiempo, ya sea por su misma evolución, aplicación, complejidad de la situación, tipo de organización, herramientas utilizadas, alcance o contenido. En esencia todas tienen estructura, arquitectura y persiguen lo

mismo, que es encontrar las causas del problema para poder diseñar soluciones efectivas, que una vez implementadas eviten que éste se presente de nuevo. Que o cual utilizar, verdaderamente no es lo mas importante, ya que estas estrategias en sí mismas son metodologías, herramientas o un conjunto de ambas, que si se aplican sistemática y apropiadamente, independientemente de cual se utilice (Análisis de Fallas, Análisis de Problemas, Gestión de Incidentes, Análisis de Causa Raíz, etc.), permitirán obtener los resultados esperados.

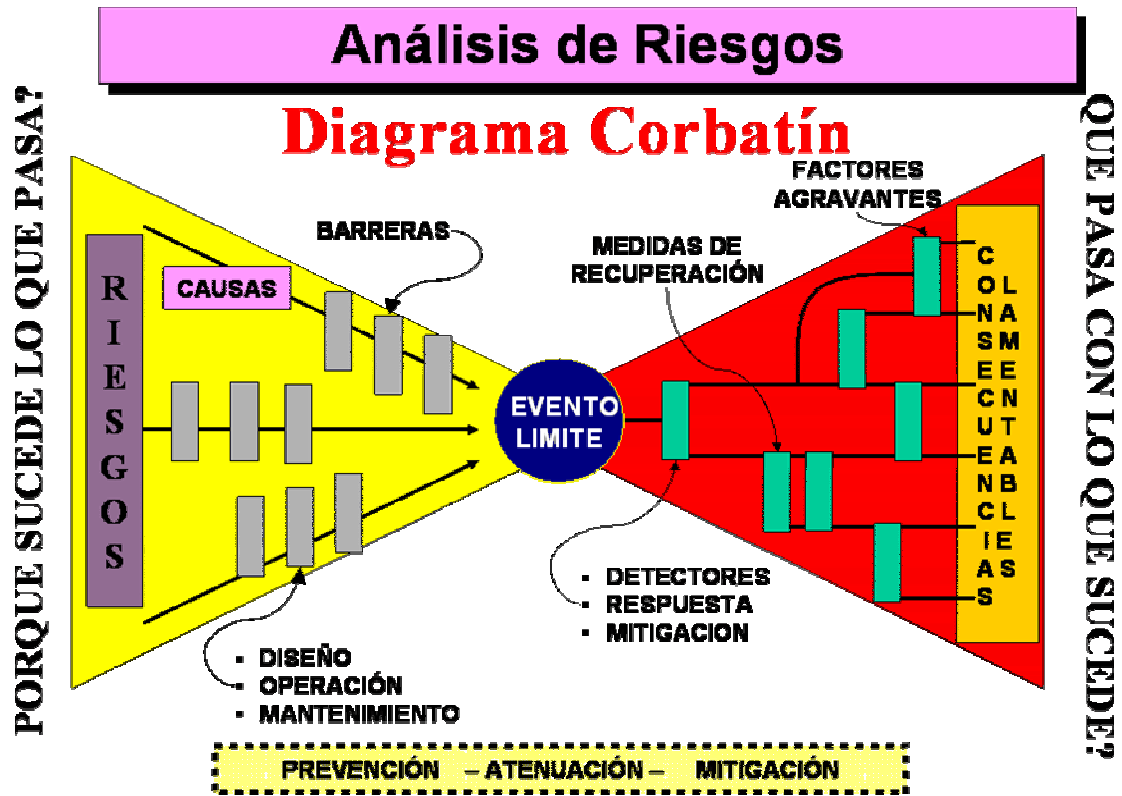
4.8 ALREDEDOR DEL EVENTO LIMITE

Dentro de lo que se ha visto se sabe que “los acontecimientos de cualquier tipo, son rara vez, el resultado de una sola causa”. Este principio es esencial para poder comenzar a identificar como está todo interrelacionado e ir identificando como se desenvuelven los hechos ante un incidente cualquiera. No es recomendable suponer que existe una causa única para un evento cualquiera.

Cuando se enlazan los hechos, producto de una investigación minuciosa de cualquier incidente (evento límite y su alrededor), se percibe que son producto de muchos factores que se mezclaron en el momento preciso, en el lugar preciso y bajo consideraciones precisas. Nada es fortuito o casual, todo tiene comportamiento en la que muchos elementos no asegurados, o previstos, provocaron lo sucedido. La Figura 24, permite tener una idea diagramada en forma de corbatín, manifiesta cómo se presenta un incidente, cuales son sus causas, de que manera se involucraron y bajo que circunstancias se pudieron haber dado los hechos. Después del evento límite, que es lo que siempre se manifiesta de manera mas evidente, se podrán observar las consecuencias presentadas, los factores que pudieron agravar lo sucedido, las medidas de mitigación y control que se tuvieron o pudieron haber tenido en cuenta para manejar el problema. Como se puede ver todo gira alrededor del evento límite, el después, que es donde se encuentran los hechos que manifiestan que pasa cuando un incidente se presenta y el antes, que es donde se encuentran los hechos del porque ese incidente se presentó.

Después que una situación, que condujo a hechos lamentables tiene cabida en cualquier proceso, lo que primero que se identifican son sus consecuencias, o sea los hechos que están del lado derecho del evento límite. Sin embargo el evento límite en sí, es transparente para el observador desprevenido y los sucesos que provocaron lo sucedido, son aún más difíciles de identificar. Lo anterior quiere decir que las consecuencias de un incidente, se revelan de manera casi inmediata, sin embargo el evento inminente en sí y las causas que lo provocaron, encapsuladas en un conjunto de hechos y condiciones, solo son posible identificarlos con metodologías que de manera estructurada y bien aplicadas podrían permitir reconstruir de manera aproximada la realidad de lo sucedido.

Figura 24. Diagrama del Corbatín, Alrededor del Evento Límite



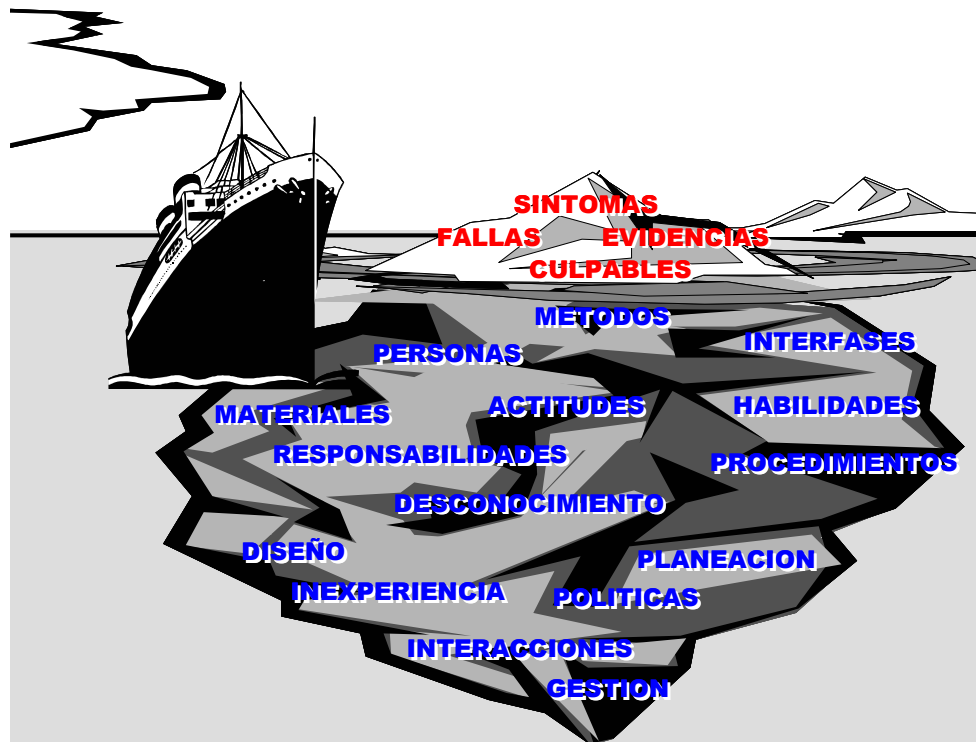
4.9 DIFERENCIA ENTRE SINTOMAS, EVIDENCIAS Y CAUSAS

La primera interpretación que se tiene de todo incidente, problema, accidente, etc. está alrededor de las consecuencias, las demás situaciones están ocultas para el observador desprevenido. La famosa analogía del iceberg o témpano de hielo que flota en el mar, ver Figura 25, ilustra cuales situaciones son identificables sin mayor esfuerzo, tales como síntomas, evidencias, responsables directos y hasta el incidente en sí, que se muestran por encima de la superficie y en muchas ocasiones son considerados erróneamente como la causa del problema, pero no lo son. El lado que permanece inmerso en el agua, que es la mayor parte del iceberg se encuentra oculto para el observador y es allí donde se encuentran todas las posibles situaciones que condujeron al problema u ocasionaron el incidente, a esto es lo que se le conoce con el nombre de causas.

La identificación o búsqueda de las causas, se convierten en el propósito principal para la investigación cualquier problema. Sin embargo las causas también son hechos y aparecen estratificadas y desagregadas en el tiempo y el espacio,

también se pueden manifestar con cierto grado de incertidumbre; es por esto que las causas las podemos clasificar de acuerdo con su determinación.

Figura 25. Iceberg de los Síntomas, Evidencias y Causas



De acuerdo con los dos párrafos anteriores, a continuación se tienen las siguientes definiciones:

- **Evidencia:** Hecho manifestado como una situación o condición que muestra características posibles de lo acontecido.
- **Síntoma:** También es un hecho y está manifestado en el comportamiento anormal de un determinado parámetro.
- **Causa:** Aunque es un hecho, manifestado como una acción o condición, es considerada como una de las fuentes de otros hechos posteriores.
- **Causa Inmediata:** Es aquella causa que se encuentra muy cercana al evento límite como elemento desencadenante y a veces es evidente al sentido común, sin embargo hay que ser cuidadosos en su confirmación. Algunas veces es interpretada y asociada a un síntoma.
- **Causa Básica:** Causa que se encuentra en los primeros niveles de la cadena de hechos, muy alejada del evento límite, requiere de un análisis minucioso

para identificarlas. Estas explican la potencialidad de que surja el incidente, como elemento primario del riesgo o peligro.

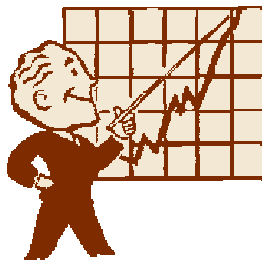
- **Causa posible:** (Que puede ser), es la causa que por la naturaleza del problema, podría estar muy relacionada con la fuente del problema, pero aún sin ninguna confirmación.
- **Causa Probable:** (Que puede probarse) es la causa que ha sido asociada con la naturaleza del problema y que está soportada con hechos verificados y datos confirmados, por lo tanto está muy relacionada con la fuente del problema, sin embargo no necesariamente es la causa raíz del problema.
- **Causa Raíz:** Causa de causas, es la causa que ha sido relacionada con la naturaleza del problema, se ha podido probar con datos y hechos. Además pertenece a un encadenamiento ordenado y lógico de hechos, que concuerdan con la descripción del problema.

4.10 OTROS ELEMENTOS PARA COMPRENDER LA ESTRATEGIA

En esta sección se pretenderá definir o acercar a la realidad del contexto algunos elementos esenciales para complementar el entendimiento de la estrategia para la eliminación de defectos. Algunos de los elementos, Ver Figura 26, aplicables en esta metodología son:

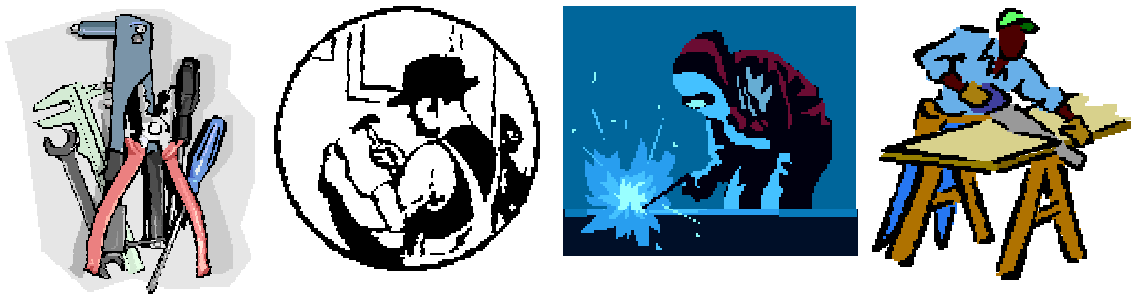
- **Análisis:** Permite separar una situación en elementos mas pequeños para entenderla, comprenderla y abordarla.
- **Síntesis:** Permite integrar los elementos estudiados para poder explicarlos.
- **Sinergia:** El resultado que se obtiene de los integrantes de un grupo, interactuando en equipo, es superior al resultado de esos mismos integrantes, actuando individualmente. Además debe existir un número óptimo de integrantes.

Figura 26. Análisis, Síntesis y Sinergia



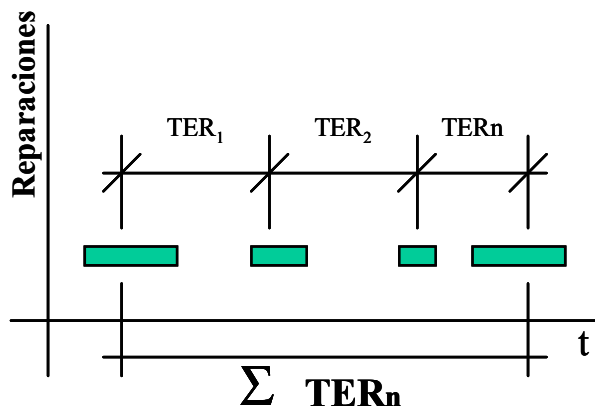
- **Herramienta:** De su raíz, es un Instrumento de Hierro. Pero ampliando el concepto se puede decir que es un dispositivo físico o no físico que permite o ayuda en el desarrollo de una determinada actividad. Una herramienta puede cumplir uno o más propósitos. Cuando las herramientas son mal empleadas corren el riesgo de causar daños sobre los sitios donde se utilizan, sobre ellas mismas o incluso sobre las personas que las usan. Ver Figura 27.

Figura 27. Diferentes Tipos de Herramientas Físicas.



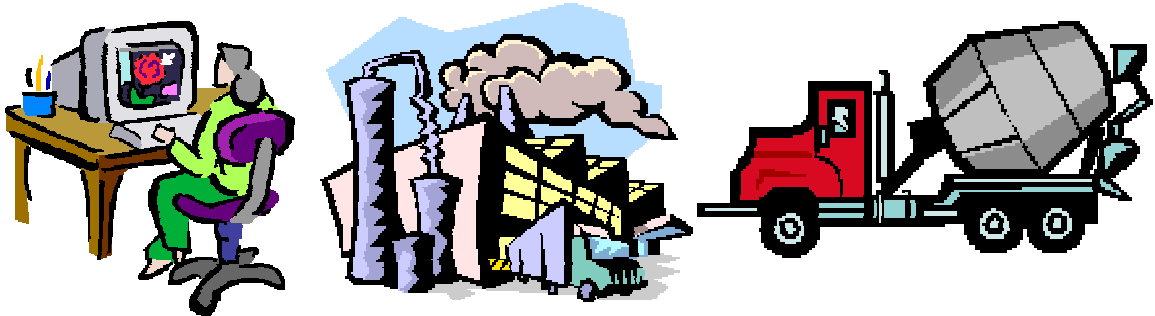
- **Holístico:** Del griego holos, totalidad. Se refiere a la forma de comprender la realidad en función de su integralidad, cuyas propiedades no pueden ser reducidas a unidades menores de referencia.
- **SICAM:** Sistema Integrado y Computarizado para la Administración del Mantenimiento. Sirve para manejar la información de los equipos (activos productivos) y su gestión: Generalidades, Mantenimiento, Costos, Programas de Trabajo, Tiempo Medio Entre Reparaciones (TMER, ver Figura 28), Materiales, Compras y otros aspectos del soporte de la Cadena Productiva. Ver Figura 29. En la Refinería de Cartagena como se mencionó en el Capítulo 2 se utiliza el ELLIPSE (versión actualizada del MIMS). Ver Anexo 2.

Figura 28. Significado del Tiempo Medio Entre Reparaciones (TMER)



$$\text{TMER} = \frac{\sum \text{TER}_n}{n}$$

Figura 29. SICAM para Administración de los Activos.

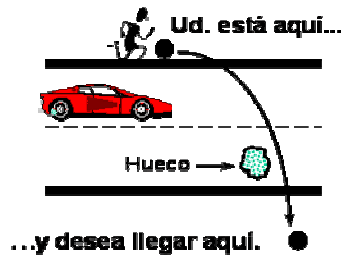


- **Activo:** Eslabón de la cadena productiva de un negocio determinado. Los equipos de una planta industrial son considerados activos, puesto que si no cumplen su función podrían afectar seriamente el propósito o desempeño de la planta. Ver Figura 29.
- **Defecto:** Cualquier acción o condición técnica o administrativa que ocasiona o puede ocasionar un incidente y/o una falla. Ver Figura 30.
- **No Conformidad:** Parte de un proceso que no está dentro de ciertas especificaciones preestablecidas de calidad. Estas pueden verificarse realizando pruebas y mediciones a lo largo del proceso. Ver Figura 30.
- **Riesgo:** Es la probabilidad de que un evento específico no deseado ocurra (suceso) y provoque unas consecuencias no deseadas. Esta definición es un poco mas amplia que la que se dio en el capítulo 3, la razón de ello es que el riesgo no solo es aplicable a los accidentes sino a cualquier situación de cualquier naturaleza o escenario que se esté evaluando. Ver Figura 31.

Figura 30. Defecto y No Conformidad



Figura 31. Definición General del Riesgo

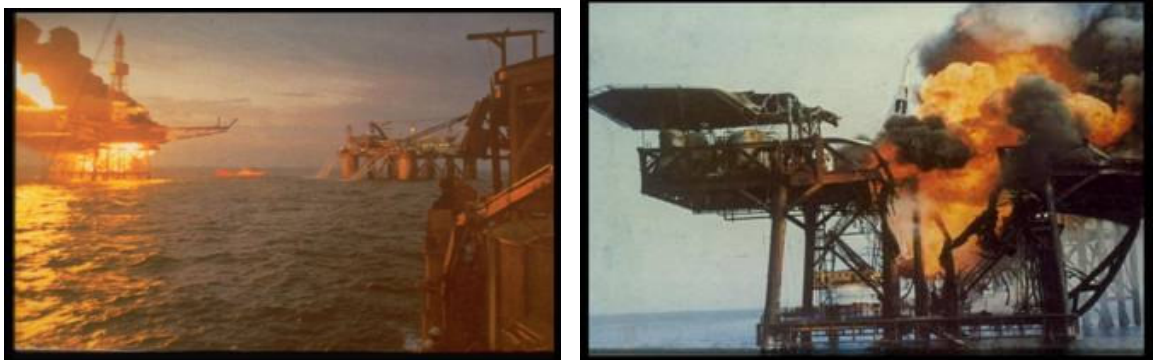


$$R = C \times P \times E$$

- R = Riesgo
- C = Consecuencia
- P = Probabilidad
- E = Exposición.

- **Incidente:** Evento o cadena de eventos no planeados que causaron (accidente) o que pudieron haber causado (casi-accidente) lesiones, enfermedades, daño (o muerte) a las personas, a los bienes (incluyendo pérdidas de producción), al medio ambiente y/o a la imagen de la Empresa (incluyendo el sistema de calidad). Ver Figura 32. Ver además Anexo 3.
- **Accidente:** Se toma una definición mas amplia (no solo en lo laboral) de la vista en el Capítulo 3. El accidente se considerarse como todo acontecimiento anormal (Incidente) que se produce en una actividad cualquiera y que ocasiona, o pudo haber ocasionado lesiones a las personas. Ver Figura 32.
- **Casi-accidente:** Son aquellas situaciones con las mismas causas que provocan un accidente, solo que este caso no hay lesiones personales, pero que de mantenerse las mismas condiciones del riesgo, podrían de haberlas en un futuro; y es en este sentido es que la prevención, debe actuar.

Figura 32. Accidente, Plataforma Piper Alpha (Mar del Norte – Julio de 1988)



- **Falla:** Defecto que no fue eliminado y que trajo como consecuencia la degradación o pérdida de la función de un activo o equipo en un proceso o planta, con aumento en los costos de mantenimiento y con posibles pérdidas en la producción. Ver Figura 33.

- **Mal Actor: Equipo** de la cadena productiva (activo de una planta) con un alto costo en las tareas de mantenimiento y una excesiva repetición de fallas que hacen que el TMER se disminuya. Ver Figura 33. Ver además Anexo 4.
- **Reparación:** Toda intervención que implica aislar al equipo de su proceso para restablecer su condición a los niveles que el negocio o el proceso lo requiera. Puede ser por origen correctivo o preventivo. Ver Figura 34

Figura 33. Fallas Recurrentes. Equipo Mal Actor (Refinería de C/gena 2003)

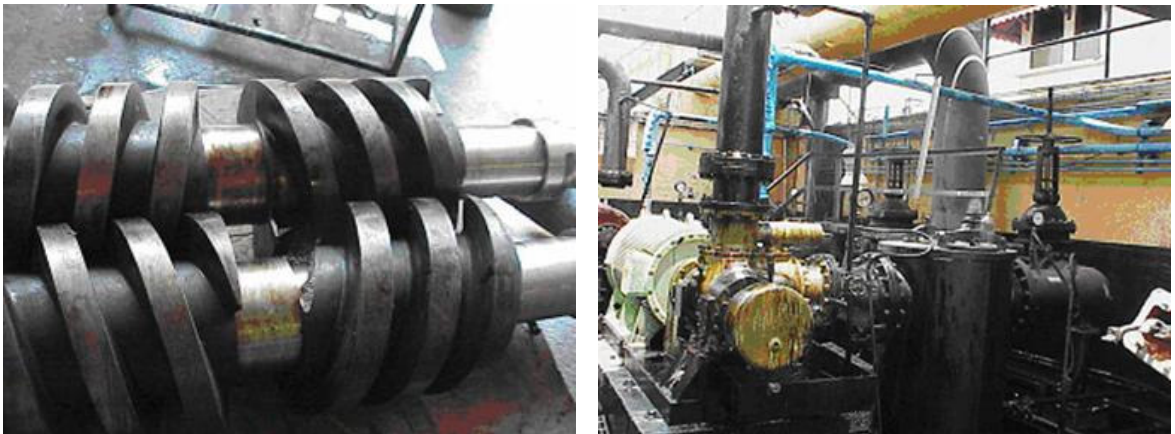


Figura 34. Tipo de Reparación



5. METODOLOGIA DE ANALISIS DE CAUSA RAIZ

5.1 GENERALIDADES DEL ANALISIS DE CAUSA RAIZ (ACR)

El ACR, es un proceso estructurado (consciente, enfocado y analítico) que permite identificar las causas responsables que provocaron una situación no deseada (falla, problema, accidente, incidente, etc.), observando la cadena de eventos y condiciones (causas y efectos) que originaron el “efecto primario”. El análisis de causa raíz es el corazón del programa para eliminar defectos de un determinado proceso (ver sección 2.2), es uno de los pilares claves para tener éxito en el mejoramiento de la confiabilidad. De los cuatro, sólo “Eliminación de Defectos” tiene impacto directo sobre las otras tres como lo muestra la Figura 35. Por tanto, como los recursos son limitados, el mayor beneficio se logra aplicando en primer lugar a la Eliminación de Defectos. Aquí se requiere una capacidad sólida para la solución de problemas con base en los hechos y la metodología para el análisis de la causa raíz, por ser un proceso con términos y herramientas estructuradas y objetivas, es la más indicada. A continuación otras razones para la aplicación del ACR en la Eliminación de Defectos:

- Las causas y soluciones a los problemas rara vez son obvias.
- El ceñirse a un proceso asegura que las causas y soluciones se basen en datos y hechos.
- También permite asegurar soluciones directamente ligadas con la causa.

En este capítulo no se pretenderá explicar todas las herramientas utilizadas, solo se mencionará en que fase, paso o etapa son utilizadas. De otro lado, el ACR no es un grupo de personas sentadas alrededor de una mesa preguntándose ¿qué se va hacer con este problema?, ver Figura 36, sino un equipo de trabajo multidisciplinario (no muy numeroso, máximo 5 personas), que busca de manera metódica las causas de un problema y el planteamiento de sus soluciones.

5.2 FASES Y ETAPAS APLICADOS EN LA METODOLOGIA

La Metodología es un conjunto de herramientas y metodologías mas pequeñas que se deben utilizar de manera ordenada. Se encuentra estructurada por fases y estas a su vez por etapas que van proporcionando consistentemente la forma y fondo de lo sucedido, así como los planteamientos necesarios para desarrollar

soluciones efectivas. En la Tabla 3, se presentan sintetizadas estas fases y etapas. Ver en el Anexo 5, la versión mas actualizada y con responsables.

Figura 35. Impacto de la Estrategia para la Eliminación de Defectos

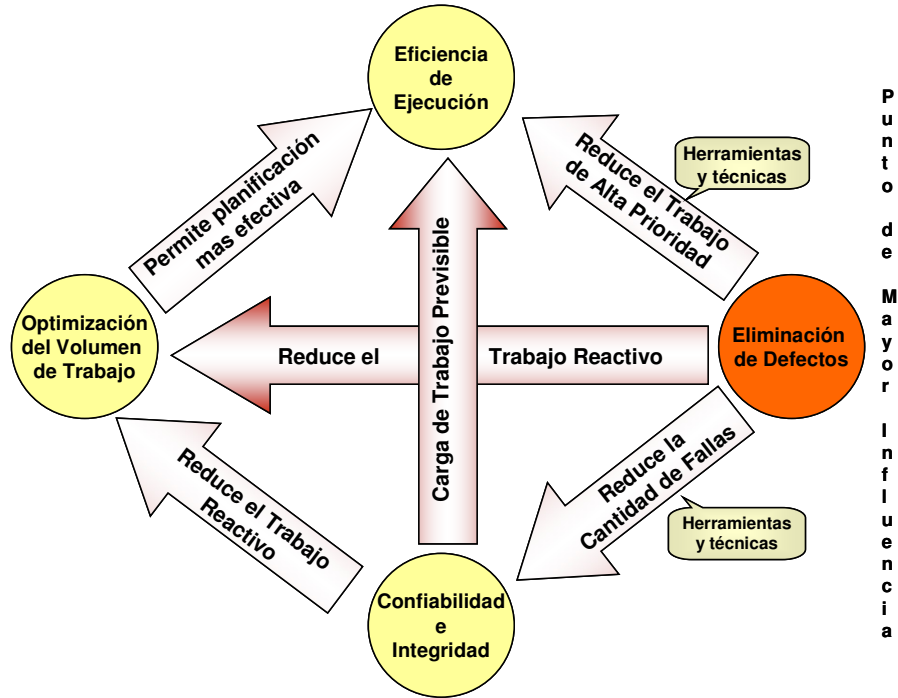


Figura 36. Lo que no es el Análisis de Causa Raíz



Tabla 3. Metodología para Aplicar el Análisis de Causa Raíz (ACR)

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

5.3 FASE I REGISTRO DE INCIDENTES

La fase crítica en cualquier proceso es el arranque. Si no se comienza con los ingredientes correctos, no se obtiene el resultado deseado. Esta primera fase, Registro de Incidentes, hace énfasis en la captación de la información relacionada con el problema, establecer las consecuencias y decidir si se requiere un ACR y a qué nivel. Las etapas contempladas son reporte de incidentes, en sí, y la clasificación de los mismos.

- **Etapas 1. Reporte de Incidentes:** Al igual que un buen sistema de gestión de HSE (o salud ocupacional, seguridad industrial y ambiente), un buen Sistema de gestión de activos debe tener implementado un mecanismo adecuado para el reporte de incidentes. 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. El propósito de esta etapa es recoger inmediatamente suceda, los hechos alrededor del incidente, documentarlos, monitorearlos y suministrar información del desenlace de estos.

El reporte debe realizarse para aquellos incidentes cuya seriedad o nivel crítico esté por encima de ciertos umbrales establecidos por la gerencia, como por ej.:

- Incidentes de HSE que exijan un tratamiento diferente a los primeros auxilios.
- Fallas en los equipos que afecten el plan de producción.
- Fallas con consecuencias que sobrepasen ciertos niveles económicos.

Se puede usar cualquier medio para su documentación:

- Una página de intranet o un sistema de información
- Otro medio electrónico preformateado (Microsoft Excel)
- Simplemente papel.

El reporte de incidentes, Ver Tabla 4, debe incluir los siguientes aspectos:

- ¿Cuál es el problema (el efecto de la consecuencia)?
- ¿Cuándo sucedió?
- ¿Dónde sucedió?
- ¿Cuál es su importancia?

Un Reporte de Incidentes mal configurado o mal hecho no garantiza el éxito de un proceso para la solución de problemas. A menudo, una mala definición del problema generalmente se origina en el reporte del incidente, especialmente en aquellos que pretenden dar soluciones. Es por esto que para asegurar este primer paso se deben tener presentes las siguientes consideraciones:

- No se deben desviar de los hechos, por lo tanto no se deben contar historias.
 - Evitar el “quién” o “por qué”.
 - Evitar usar un formato con casillas para marcar con chulos (lo que puede separar los hechos inadecuadamente por categorías).
 - No categorizarlos, sacar conclusiones o dar soluciones (eso vendrá después).
 - El Reporte de Incidentes forma parte del informe final del Incidente.
 - Cada organización debe preparar su propio formato de Reporte de Incidentes, de acuerdo con sus requisitos locales.
- **Etapa 2. Valoración y Clasificación del Incidente:** Como los recursos en cualquier organización son limitados, este paso se usa con el fin de identificar los incidentes más críticos, o sea, aquellos que puedan tener (o hayan tenido) un mayor impacto para el negocio, para que les de la prioridad y sean resueltos en primer lugar. La decisión de investigar, si o no, los diversos incidentes debe definirse apropiadamente, por lo tanto, para asegurar esta etapa se debe realizar lo siguiente:
 - Hacer énfasis en las consecuencias de “primer orden” o en las consecuencias que son el efecto inmediato del incidente.
 - Ser lo más específico que sea posible dentro del escenario de las consecuencias.

Tabla 4. Ejemplo para el Registro de Incidentes

REGISTRO DE EVENTOS

De 01/01/98 hasta 31/03/98

24 - Abr - 98 07:34 AM

Por tipo de evento

Fecha	Evento	Costo \$ '000 CONT	Costo \$ '000 LPP	Consecuencias (Impacto)	Causa	Acción Acordada	Fecha de Terminación	Estado	Tipo de Causa
Tratamiento de combustibles									
05/01/98	HDS-Trip llevando a una baja de presión aumentada sobre la primera cama en el reactor (PS4)			La baja de presión sobre la primera cama del reactor ha aumentada; eso ha limitado la carga de la unidad HDS a 1800 Ts/d máxima.	La parada de la HDS fue causada por agua entrando la unidad, porque el LCO- Run down-cooler fue puesto en marcha con dos tubos teniendo escapes; El agua ha llevado a una baja de presión aumentada sobre la primera cama – actualmente de un promedio de 5 bar.	Un flujo de gas-oil liviano para pasar por la HDS para reducir cualquier ensuciamiento de la primera cama y por eso reducir la baja de presión; Esta unidad está programada para parar en abril, cuando se reemplaza el catalizador del reactor.	01/05/98	I	EQ
13/01/98	RCCU FRAC TCR Sección de Ensuiciamiento (PS2)			El paso de la RCCU fue restringido por 14 días, total de 14 kt.	Sedimento de la sal de Ammonium Chloride en los platos del TCR debido a concentraciones de Chlorides más altas que normal, causado por un funcionamiento pobre del Desalter.	El Frac TCR fue lavado con agua 13/01/98 para restablecer la capacidad; este proceso fue exitoso; el funcionamiento del Desalter está investigado. Acción PS2.	15/01/98	I	EQ
18/01/98	Parada de DIP/Hysomer para reparar el E-2104		120	No promoción de Tops durante la parada de 6 días.	Un escape de la junta de fuelle en el C-2101 Reboiler E-2104 causando contaminación del Hysomerate con agua; el escape estaba presente por aproximadamente dos meses.	No acción adicional necesario.	03/02/98	C	EQ

La herramienta para valorar y clasificar los incidentes es la matriz para la valoración de riesgos (MVR) que se mencionó en el Capítulo 2. Esta herramienta permite clasificarlos por su criticidad o grado de impacto. Los eventos que obtengan una baja valoración deben manejarse con los procesos usuales de gestión de calidad y aquellos que fueron clasificados como los más críticos por su mayor impacto, se deben resolver en el nivel apropiado. Después de elaborado el reporte de incidentes, este debe clasificarse con los parámetros de la matriz. Esta información debe incluirse en el reporte del incidente para que después se valide o confronte y cambie en el nivel administrativo correspondiente. Con base en la seriedad del incidente y como los recursos para el desarrollo de ACR's son limitados, la matriz permite determinar qué se investigará y a qué nivel.

A continuación se describe de manera resumida, utilizar la Figura 37, de como aplicar la MVR :

- Cómo primera medida se debe establecer las consecuencias de primer orden (consecuencias directas) del incidente, ya sea con impacto en el Personal, los Activos y la Producción, el Medio Ambiente o Reputación (o alguna combinación de estos).

- La siguiente es 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, es muy probable que suceda nuevamente en 1 - 2 años, por lo tanto podría clasificarse como un incidente D3, o sea que su consecuencia es económica, con valoración M.

Figura 37. Matriz para la Valoración de Riesgos (MVR) de los Incidentes.

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

Aumenta el impacto en el negocio	VH	Muy alto: Riesgo Intolerable para asumir
	H	Alto: Inaceptable, deben buscarse alternativas.
	M	Medio: Se deben tomar medidas para reducir el riesg
	L	Bajo: Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos
	N	Despreciable: Riesgo muy bajo, usar sistemas de control y calidad establecidos.

NOTA (*) Impacto económico cubre tanto las instalaciones como los procesos y productos. Se expresa en Miles de dolares (K\$) o en millones de dolares (M\$).

Otras consideraciones para el uso apropiado de la MVR, como herramienta que es, está en la de tener cuidado con su aplicación. En la Tabla 5, se muestra una interpretación de los resultados y a continuación se enuncian algunos aspectos para su correcta aplicación:

- En cuanto a las consecuencias:
 - ✓ Para indicar el nivel de gravedad, se utiliza una escala de 0 a 5.
 - ✓ Se define consecuencia como la que puede producirse a raíz de un peligro y dentro de una situación hipotética creíble (considerando las condiciones predominantes).
 - ✓ Se deben utilizar las consecuencias potenciales en vez de las reales.

- En cuanto a la probabilidad:
 - ✓ La valoración en muchos casos se basa en la experiencia del evaluador e indica la potencialidad de que se materialicen las consecuencias indeseadas.
 - ✓ No debe confundirse con la probabilidad de que se produzca el peligro, se trata de la probabilidad de que se produzcan las consecuencias potenciales estimadas.
 - ✓ La escala horizontal es probabilidad en aumento, cuyo rango va desde altamente improbable hasta muy frecuente.

Tabla 5. Interpretación de los Resultados

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

5.4 FASE II ANALISIS DEL PROBLEMA

Esta fase es esencial para el éxito de la eliminación del problema y se centra en su identificación y definición. El ser humano de manera natural siempre manifiesta una gran ansiedad por resolver el problema y en muchas ocasiones se empieza su solución sin haberlo comprendido de manera integral, es por eso que solucionar problemas que no están bien definidos, nunca le son eliminadas sus causas verdaderas. La disciplina y práctica al proceso descrito en esta sección ayudará a eliminar el hecho de trabajar en algo equivocado. Las etapas correspondientes para esta fase son identificación y descripción del problema.

- **Etapa 3. Identificación del Problema:** Esta primera etapa busca ayudar a identificar y comprender el problema que se tiene; en muchas ocasiones el problema no es claro o existen una diversidad revuelta de problemas, lo que hace difícil saber por donde comenzar. El proceso delineado en este paso y las herramientas referenciadas son usadas para ayudar por donde comenzar y el resultado que se obtiene es el enunciado del problema, la cual suministra un punto claro de partida y nivel de expectativa. Los pasos comprendidos en esta etapa e ilustrados en la Figura 38 son:
 1. Se debe revisar cuidadosamente los antecedentes del incidente y elaborar una lista de inquietudes. Es recomendable usar los diagramas de relación.
 2. Realizar un inventario de las inquietudes en donde se les defina cual fue la situación que las ocasionó. Se puede aplicar de manera cronológica, la secuencia de eventos.
 3. Agrupar los problemas dentro de áreas relacionadas. Aquí se utiliza el Modelo de Cambio.
 4. Priorizar los problemas con base en el impacto, identificar lo más importante. El [diagrama Pareto](#)³ es aplicado.
 5. Desarrollar el Planteamiento del Problema en términos de desempeño esperado vs. desempeño real. Se usa el Planteamiento del Problema en sí.

Las claves para llevar una adecuada identificación del problema son:

- Ceñirse a los hechos en el Reporte de Incidentes.
 - Definir las fronteras del problema durante esta etapa.
 - Evitar ser muy general o muy específico.
 - Revisar los registros actuales e históricos. Evitar tratar el problema como un caso aislado. Se debe recordar que las cosas malas, no suceden porque si; siempre tienen una causa.
 - Mantener planteamientos simples.
 - Estar dispuesto a analizar el problema desde varios ángulos.
- **Etapa 4. Descripción del Problema:** Esta Etapa responde a la pregunta de ¿Cuales hechos se tienen para que indiquen que existe un problema?. Se debe invertir un buen tiempo en la recopilación de datos, entre más exacta sea la definición, en términos de qué existe o qué no existe, mejor será el producto final para la fase del Análisis de Causa Raíz. Los pasos son, ver Tabla 6 y Figura 39.
 1. Desarrolle el modelo Es/No Es (Diferenciación).
 2. Si el modelo tiene varias casillas vacías (falta de datos), utilice un análisis de mayor precisión. Los métodos para reconstruir datos, puede ser utilizado.
 3. Si es requerido, revise las herramientas y la información del paso anterior. Se usa el modelo de cambio de los registros.

3. [Wilfredo Pareto \(1897\)](#)

Figura 38. Herramientas para la Identificación del Problema.

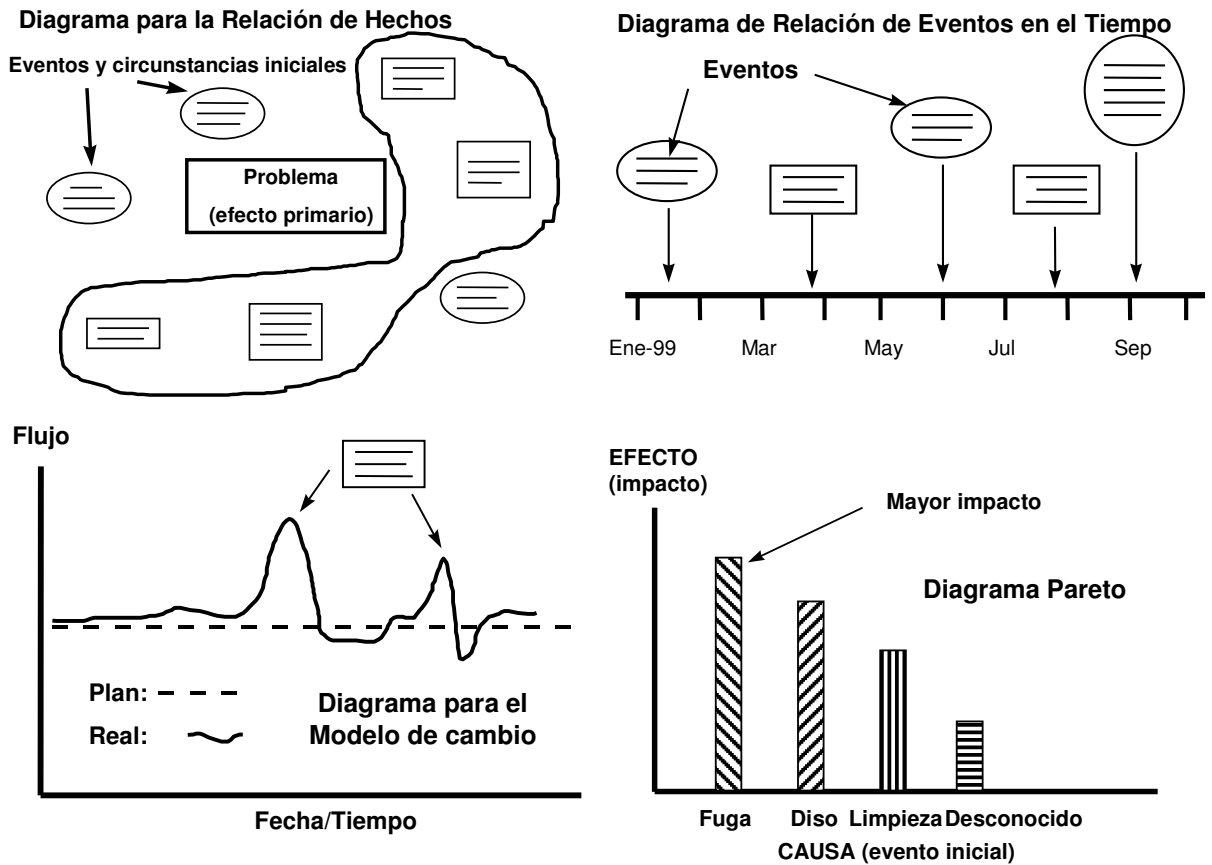


Tabla 6. Modelo de Qué Es y Qué No Es (Que Hay Distinto – Qué Cambió)

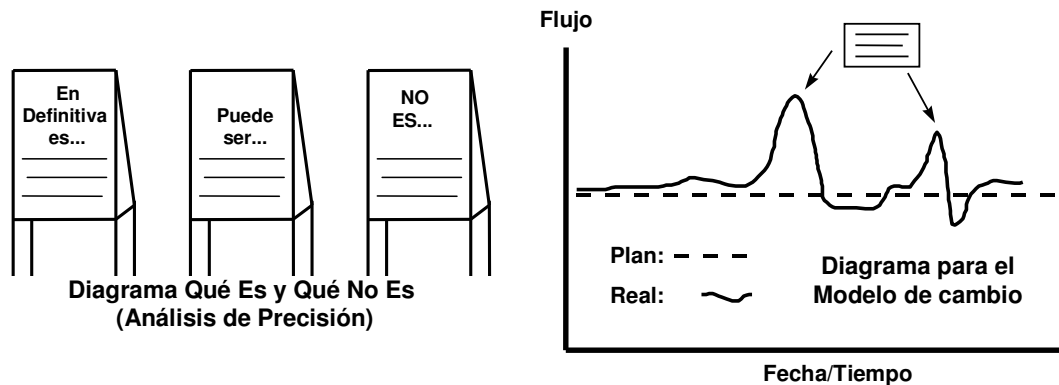
Ilustración		ES	NO	DISTINTO	CAMBIO
(qué)	Identidad				
(dónde)	Ubicación				
(cuándo)	Tiempo				
(cuánto)	Extensión				

Para asegurar esta etapa, es recomendable mantener en mente lo siguiente:

- Asegurar la calidad de los datos, solo deben aceptarse los hechos.
- Obtener datos de varias fuentes, reporte de incidentes, registros de datos, historia del equipo, operaciones, mantenimiento, ingeniería, otras locaciones, manufactura y compra.

- Utilizar varios métodos para recopilar los datos: entrevistas, reportes escritos, cuadros, computadores de proceso, caminar y observar.
- Mantener la metodología y saltar o reducir etapas.
- Responder la pregunta ¿qué? y no ¿por qué?.

Figura 39. Herramientas Utilizadas para la Descripción del Problema



5.5 FASE III ANALISIS DE CAUSA RAIZ (ACR)

La tercera fase del proceso para la solución de problemas es el Análisis de Causa Raíz (ACR), que se enfoca en determinar las causas del problema tal como se identifican en el enunciado del problema y tal como se encuentra en la descripción del problema. Al igual que en la fase anterior, el éxito del ACR se ve impactado por el nivel de ceñirse al proceso y la calidad de los datos usados. Durante el análisis de causa raíz se debe tener cuidado de no caer en el patrón tradicional de llegar a conclusiones apresuradamente. Nuevamente, mantenerse ceñido (que requiere de disciplina y práctica) al proceso, resaltado en esta sección eliminará cualquier causa infundada y proporcionará detalles de cómo las causas raíces identificadas explican los efectos. Las etapas del proceso son: Análisis de Causa Posible, Validación de la Información (revisión lógica) y Verificación de la Causa.

Antes de entrar en detalle de las etapas de esta fase, es importante revisar las siguientes consideraciones:

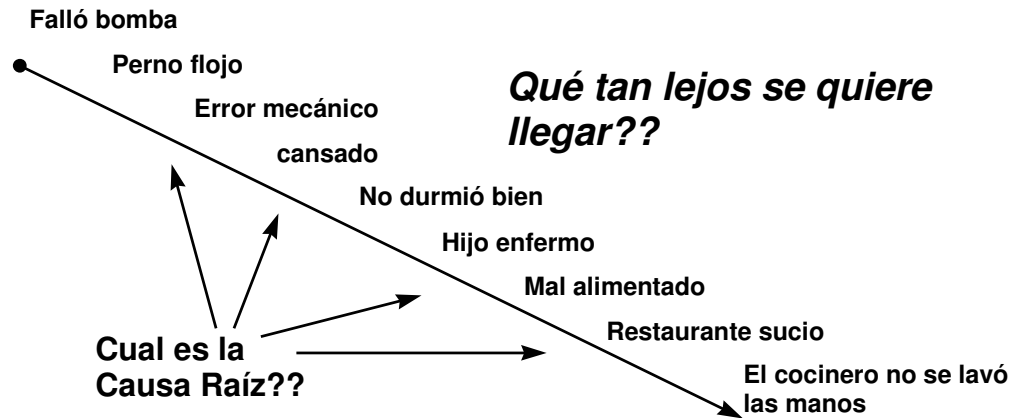
¿Qué tan lejos se quiere llegar en la búsqueda de las causas?

En general, los modos de falla (causas raíz) deben ser identificados con suficiente detalle para poder identificar una política adecuada para el manejo de fallas⁴. No es muy práctica la metodología ACR.

4. John Moubray, "padre" del MCC clásico

En términos simples, esto significa que debemos profundizar lo suficiente para encontrar una causa raíz que se pueda manejar. En el ejemplo de la Figura 40, no es posible manejar la limpieza del restaurante, pero es mucho más probable establecer sistemas para evitar el error del mecánico.

Figura 40. Nivel de Profundidad Práctico de las Causas



De otro lado, existe la tendencia a concentrarse en causas técnicas. A todas las personas técnicas les gustan las soluciones técnicas (se es técnico), pero existe bastante evidencia de que por lo menos un 50% de las fallas están relacionadas con causas humanas; con frecuencia esto 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. [Otros estudios afirman que la causa raíz de casi todas las fallas en cualquier proceso industrial, es el factor humano⁵](#)

- **Etapa 5. Análisis de Causas Posibles:** El propósito de esta etapa es determinar la mayor cantidad de causas posibles, que son las que dentro de la naturaleza del problema y el entendimiento que tiene el equipo de análisis, podrían ser consideradas como punto de partida para revisarlo. En esta etapa, ya se está listo para hacer y empezar a cuestionar y responder las siguientes inquietudes que permitirán comenzar a entender el problema. ¿Por qué ocurrió? y ¿Qué lo ocasionó?". El resultado obtenido en este paso, será una lista de causas posibles. A continuación se describen dos pasos esenciales para lograrlo.

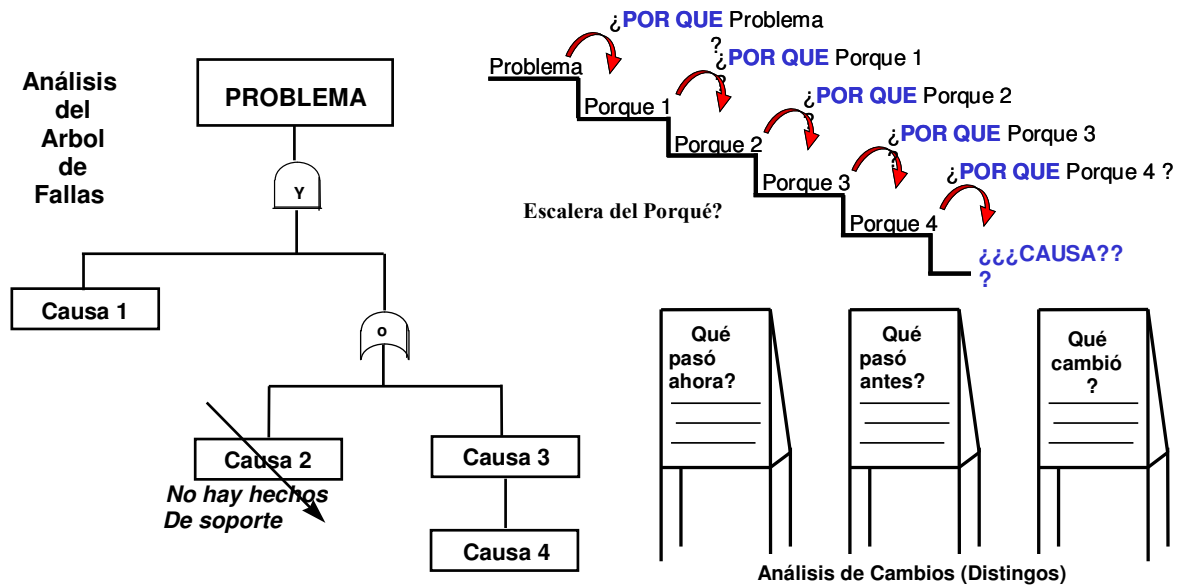
1. Determinar las causas aproximadas del problema, las que de hecho están más cercanas o las más elementales conocidas del problema, antes de comenzar a suponer. Preguntar de manera escalonada ¿Por qué ocurrió?, utilizar el árbol de fallas o hacer análisis de cambios, permitirán avanzar hacia las posibles causas. Ver Figura 41.

5. Hydrocarbon Processing Magazine. Operador mantenedor, clave para reducir fallas. Octubre 2002

- Realizar una lluvia de ideas de las causas posibles para cada causa aproximada y realizar un listado de lo que vaya surgiendo, permitirá preguntar ¿Qué lo pudo ocasionar?, es aquí, donde los diagramas de **espina de pescado o causa-efecto** ⁶, ver Figura 42, permitirán separar las causas, como por ejemplo, las debidas al factor humano de las debidas a los sistemas. En la misma Figura 42, se ve la versión del diagrama de Causa y Efecto elaborada por Apollo Associated Seviches, Inc.

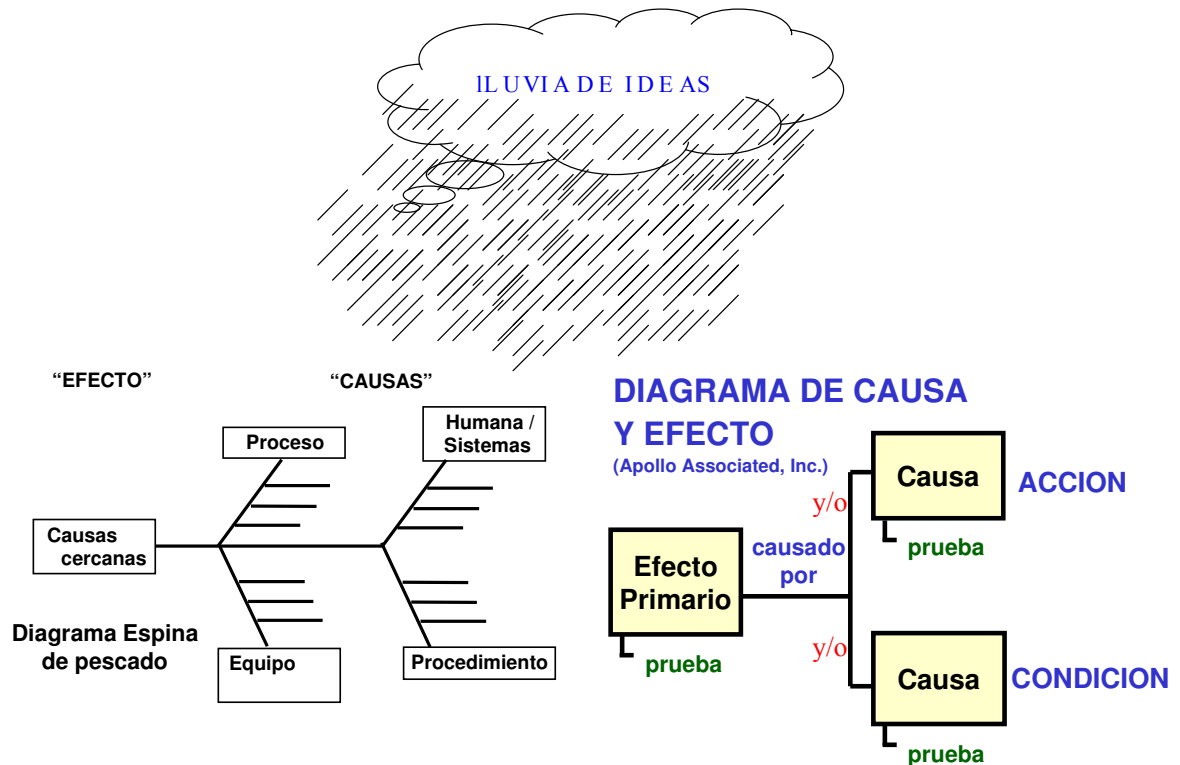
En la etapa 5, se debe ser cuidadoso con los problemas que parecen tener una respuesta directa y simple, a veces, se puede tender a llegar a conclusiones apresuradas y acortar del proceso, es muy probable que existan otras causas que se deban revisar. De otro lado, si se encuentra que en la lista van apareciendo causas, tales como, "es una chatarra", "pasan cosas malas" o "simplemente está viejo", se debe de repetir el primer paso de nuevo, para asegurar la objetividad. Se debe solicitar el aporte de otra persona de ser necesario. Es importante recordar que las cosas malas no ocurren simplemente, son causadas.

Figura 41. Herramientas para Determinar las Causas Posibles



6. Kaoru Ishikawa (1953)

Figura 42. Herramientas para Determinar Causas Posibles Clasificadas



• **Etapa 6. Validación de Datos (Revisión Lógica):** El propósito de la validación es determinar cuál de las causas posibles determinadas en la etapa 5, tienen hechos que las soporten. Se enfoca en eliminar los datos que tienen una mala lógica y que no son verificables, esto permite asegurar que el proceso de solución de problemas permanezca basado en hechos, para que las recomendaciones de hecho traten la causa. A continuación se ilustran los pasos del proceso para validar. Ver Figura 43.

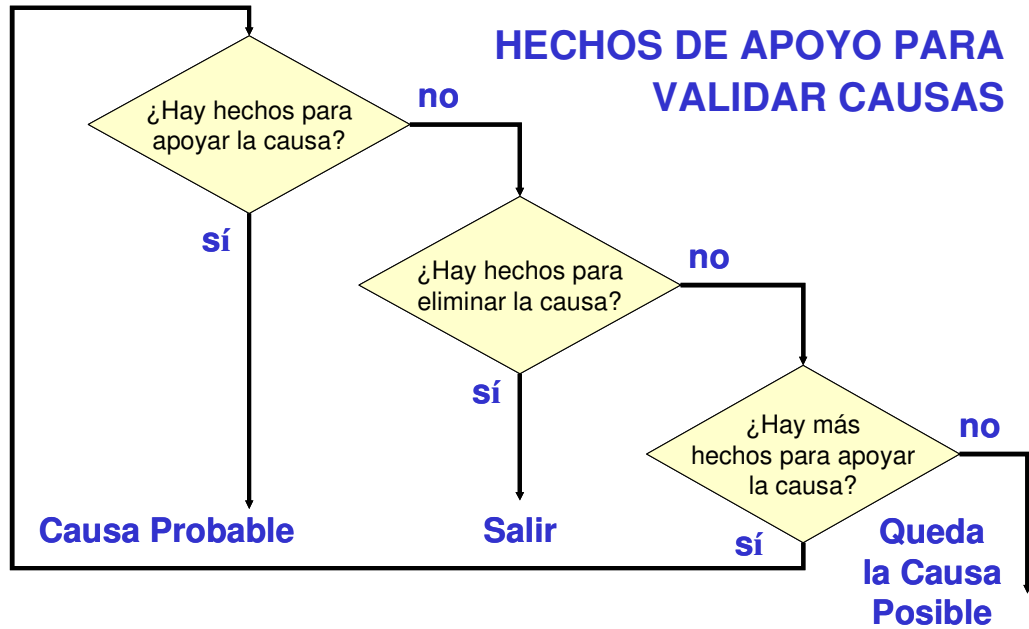
1. Revisar cada causa posible y preguntarse ¿se tienen hechos que soporten ésta causa?, si la respuesta es Sí, entonces se convierte en una causa probable. Si es No, entonces salte al paso 2
2. Después debe hacerse la siguiente pregunta ¿se tienen hechos para eliminar la causa?, si es Sí, entonces retírela de la lista. Si es No, vaya al paso 3
3. Luego se debe hacer la pregunta ¿se dispone de más datos para confirmar o negar esta causa?, si es Sí, entonces busque datos y hechos adicionales. Si es No, manténgala en la Lista de Causas

Las recomendaciones siguientes permitirán tener éxito:

- Mantenga el rigor del proceso, recuerde que una creencia tradicional no es un hecho a menos que se tenga evidencia que la respalde.

- Aunque no hay herramientas específicas para esta etapa, la herramienta de la Figura 39, Análisis de Precisión, ayuda a determinar las necesidades de datos.

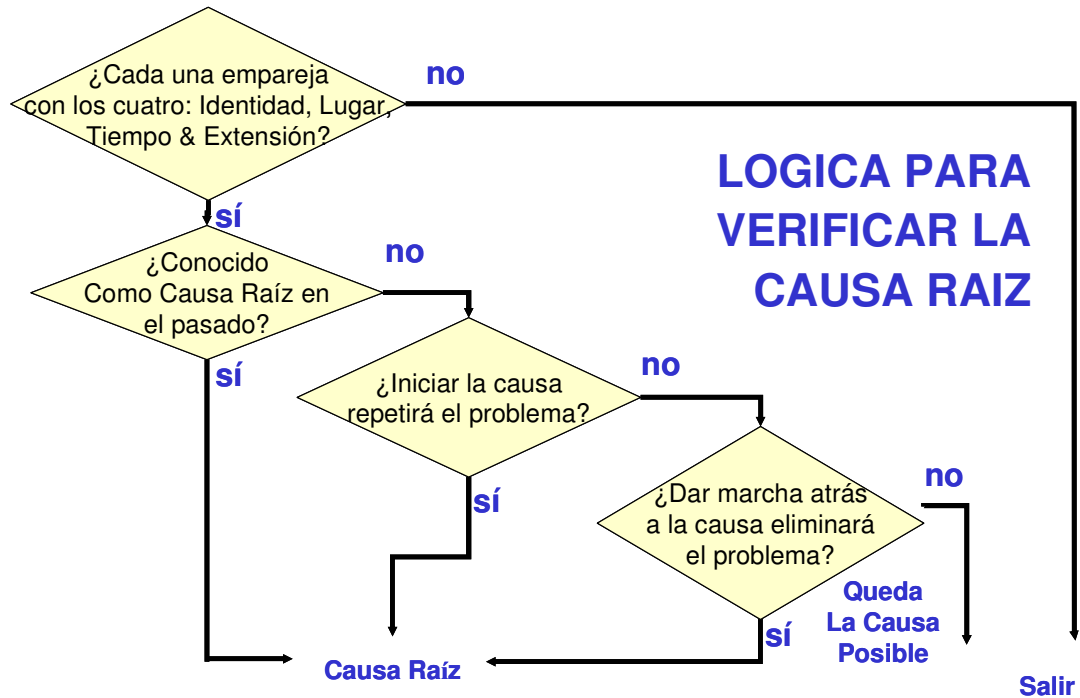
Figura 43. Lógica para la validación de Datos



- **Etapa 7. Verificación de la Causa:** El paso final del ACR es verificar e identificar cuáles de las Causas Probables y restantes Causas Posibles concuerdan con cada dimensión de la Descripción del problema, incluyendo: Identidad, Ubicación, Tiempo y 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 Raíces. Las causas que concuerden con las cuatro dimensiones pero que no se puedan verificar permanecen como Causas Probables. Los pasos que describen esta etapa se muestran a continuación. Ver Figura 44.

1. Tome cada causa validada y compárela con el diagrama Es/No Es, pregunte ¿cumple con todas las 4 dimensiones?, si es Sí, vaya al paso 2. Si es No, retírela de la lista de causas.
2. Ahora pregunte ¿se sabe con certeza que puede ocasionar un problema?, si es Sí, es una probable Causa Raíz. Si es No, vaya al paso 3.
3. Luego pregunte ¿la causa que lo inició puede repetir el problema?, si es Sí, se convierte en una Causa Raíz. Si es No, vaya al paso 4.
4. Finalmente pregunte ¿si se reversa la causa se eliminarían los problemas?, si es Sí, se convierte en una Causa Raíz. Si es No, sigue siendo una causa probable.

Figura 44. Lógica para Verificar la Causa Raíz



Recomendaciones para asegurar esta fase.

- Si la causa no se ajusta a todas las 4 dimensiones, no es una causa viable para que explique el problema.
- Tenga cuidado de no diluir la lista de Causas Raíces, con “otros problemas que no se basan en hechos”, véase la primera recomendación.
- No corto el circuito en esta parada con una “Opinión Experta”.
- No siempre es posible una verificación del 100%. Algunos aspectos pueden requerir de una parada para inspeccionar internamente.

5.6 FASE IV DESARROLLO DE LA SOLUCION

Es la fase final del Proceso para la Solución de Problemas y su propósito es determinar que hacer para eliminar la causa y las causas raíces no cubiertas en el Análisis de Causa Raíz?. Es por esto que 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 posible solución. Cumplir a cabalidad este proceso no solo garantiza que las soluciones aborden la causa, sino que también garantizará que las soluciones no sean la causa de los problemas futuros. Las

etapas incluidas son planteamiento de la decisión, selección de criterios, alternativas de solución y análisis de la decisión.

- **Etapa 8. Planteamiento de la Decisión:** Esta etapa suministra el enfoque para todo lo que sigue. Su propósito es garantizar un entendimiento común de lo que se debe cumplir, un acuerdo sobre lo que se “quiere” evitará trabajar en el problema incorrecto. Lo más importante de plantear a este nivel que se quiere, es la obtención de una conexión crítica entre ACR y el Desarrollo de la Solución, conectándose a la causa se garantiza que la solución la elimine. Para obtener un planteamiento de lo que se quiere, se deben desarrollar los siguientes pasos:

1. Escribir y revisar la causa (s) raíz (ces) 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)?
2. Tome las respuestas para las anteriores preguntas y desarrolle un planteamiento de lo que se quiere en una o dos frases que incluya el objeto, una acción y el resultado deseado, el objeto debe definir la frontera de la solución. Por ejemplo, después de cierto ACR se llegó a la siguiente causa raíz: “Los sedimentos en el aire de instrumentos taponaron el dispositivo para posicionar la válvula de disparo, la que a su vez hizo que el equipo se saliera de servicio”. Entonces se tiene:
 - ✓ Los sedimentos en el aire de instrumentos
 - ✓ Eliminar o prevenir
 - ✓ Un disparo falso y salida de servicio del equipo.

Posibles Planteamientos:

- ✓ Recomendable: Evitar que los sedimentos en el sistema de aire de Instrumentos ocasionen señales falsas de disparo, lo que después ocasiona una parada imprevista del equipo.
- ✓ No-Recomendable: Existe una necesidad para mejorar la calidad del Aire de Instrumentos, especialmente para las válvulas de disparo de las unidades.

Para asegurar esta etapa crucial se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Asegúrese de que el Planteamiento de la Decisión aborda la causa.
- Evite hacer un planteamiento muy general o muy específico. El ejemplo No-Recomendado, que se suministró es demasiado específico.
- El planteamiento de la decisión no es una solución, es una idea de lo que se quiere, una vez obtenidas las causas raíces.

- **Etapa 9. Selección de Criterios:** El objetivo de esta etapa es definir los factores específicos que satisfagan la solución. Suministra una definición y un acuerdo común sobre qué se quiere lograr y qué es recomendable, a su vez, permite comparar las diferentes opciones de solución de manera objetiva puesto que siempre se han definido las necesidades y el deseo de satisfacerlas. Hay que tener en mente que una meta que se mueva o cambie es más difícil de lograr; a veces en los primeros intentos podrían perderse.

Los pasos para el desarrollo de esta etapa está centrada en definir el alcance requerido de la solución, en cuanto a lo que se debe y/o desea hacer:

1. Preguntas necesarias para establecer los Deberes:
 - ✓ ¿Qué se debe lograr con la solución?
 - ✓ ¿Qué se debe evitar con la solución?
 - ✓ ¿Qué se debe mantener con la solución?
2. Preguntas necesarias para establecer los Deseos:
 - ✓ ¿Qué se lograría con una solución ideal?
 - ✓ ¿Qué se evitaría con una solución ideal?
 - ✓ ¿Qué se mantendría con una solución ideal?

El formato de la Tabla 7, ayudará a definir los deberes y deseos determinados en el paso 1 y 2. Para cada "Deseo" se asigna un peso relativo a la importancia en una escala de 0 - 10 (siendo 10 el más importante).

Tabla 7. Formato para Organizar y Priorizar los Criterios

Criterios para Establecer la Solución		ALTERNATIVAS DE SOLUCION							
		Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C		Alternativa D	
DEBERES									
¿Qué se debe lograr?									
¿Qué se debe mantener?									
¿Qué se debe evitar?									
DESEOS	Ponderación	Puntaje bruto	Puntaje ponderado	Puntaje bruto	Puntaje ponderado	Puntaje bruto	Puntaje ponderado	Puntaje bruto	Puntaje ponderado
Deseo 1									
Deseo 2									
Deseo 3									
Deseo 4									
Puntaje Total Ponderado									

Para asegurar la definición de los criterios se recomienda:

- Establecer los límites de las Necesidades, para una selección que sea aceptable y medible.
 - Ayudar a determinar el desempeño relacionado con los Deseos.
 - Asegurarse de que ya se estableció los criterios antes de comenzar a generar alternativas de solución, de no hacerse podría desviarse el desarrollo del proceso hacia la subjetividad.
 - Esta etapa, Selección de Criterios, tampoco son las soluciones del problema, es el marco y los criterios necesarios para poder diseñar unas soluciones efectivas y realizables.
- **Etapa 10. Alternativas de Solución:** Poder generar alternativas de solución asegura que se adopte una visión global del problema, por ejemplo, en algunas ocasiones la solución ideal, satisface todas las necesidades y deseos, pero está más allá del alcance de la organización. Sin embargo, una solución que satisfaga los requerimientos mínimos, puede significar la justificación del costo de la implantación. Existen muchas tipos de solución para resolver los problemas, pero esta etapa por ejemplo, se centra en la búsqueda de soluciones con maneras diferentes a las de recomendar una actualización del hardware o solicitar instalar equipo nuevo o mejorado. Algunas veces no es la trampa para ratones la que se debe reemplazar, seguramente sólo se necesitará ubicarla en un lugar diferente o revisar un simple procedimiento o configuración.

Se deben desarrollar una serie de alternativas al nivel del concepto, por eso se deben desarrollar una o más alternativas como mínimo 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

Si se tienen dificultades encontrando alternativas, se puede utilizar la Figura 45, Galería de Ideas para Soluciones, que es una versión de la lluvia de Ideas aplicable en esta etapa. Las siguientes recomendaciones se pueden utilizar para lograr el objetivo de esta etapa:

- No inicie esta etapa hasta no haber terminado los criterios de selección.
- Es factible pensar en soluciones por fuera del cuadrado y ser innovador.
- Este es un buen momento para hablar con los "expertos" para saber qué recomiendan. Indague sobre qué funciona y qué no ha funcionado.

- Repase los diagramas de Espina de Pescado (Causa - Efecto) en busca de oportunidades de mejora. Las categorías Humanos/Sistemas y Procedimientos deberían ayudar a generar alternativas de solución muy interesantes.

Figura 45. Galería de de Ideas para Alternativas de Solución



Galería de Ideas (Alternativas)

- **Etapa 11. Análisis de la Decisión:** El propósito en esta etapa es proporcionar los medios para determinar la mejor alternativa, la más equilibrada, la que satisface todos los requerimientos mínimos y la que genera el menor riesgo para crear nuevos problemas. Al utilizar las herramientas descritas en esta sección, el equipo ACR, podrá tomar decisiones con base en los requerimientos y hechos acordados frente a opiniones. Las dos herramientas principales utilizadas se mencionan en los siguientes pasos:
 1. Compare los beneficios de cada Alternativa de Solución frente al Criterio de Selección. Elimine las alternativas que no satisfagan todos los "Deberes". Puede utilizarse la el formato de la Tabla 6.
 2. Tome 2 o 3 alternativas con el puntaje ponderado más alto y evalúe el riesgo asociado con su implementación. Puede utilizarse la matriz para la valoración de riesgos.
 3. Con el puntaje ponderado y la MVR, seleccione las alternativas mas equilibradas. Es decir las alternativas con el beneficio más alto y el riesgo más bajo.

Recomendaciones para asegurar la escogencia de las mejores alternativas:

- Prever que pasará en el futuro con las alternativas escogidas es crítico para asegurar un éxito prolongado en la eliminación de la causa ya que se centra en prevenir nuevas causas del mismo problema o de un problema relacionado. Las herramientas que se utilicen y la capacidad del equipo ACR de plantear situaciones hipotéticas hacia el futuro de lo que se tiene entre manos, permite asegurar que nunca sea peor el remedio que la misma enfermedad.

- Solo por el hecho de que una alternativa tenga el puntaje ponderado más alto no significa que sea la mejor alternativa si representa un alto riesgo futuro.
- Evalúa los factores relativos de éxito y seguridad de cada alternativa que cumpla con todos los criterios “debe”.
- Para evaluar el factor de EXITO plantee para cada alternativa, las inquietudes que aparecen a continuación, si alguna no puede ser resuelta se debe quitar dicha alternativa:
 - ✓ ¿Qué podría salir mal?
 - ✓ ¿Qué requerimientos se han pasado por alto?
 - ✓ ¿Qué factores dentro y fuera de la organización podrían impedir la implementación?
 - ✓ ¿Cuales regulaciones nuevas podrían afectar el éxito a largo plazo?
- Para evaluar el factor de SEGURIDAD, plantee para cada alternativa lo siguiente:
 - ✓ ¿Qué nuevos problemas podría causar la alternativa escogida?
 - ✓ ¿Debería causar preocupación?. Utilice la MVR y asegure la inclusión de planes de mitigación requeridos.

5.7 SINTESIS DE LAS METODOLOGIAS Y HERRAMIENTAS PARA EL ACR

Como se dijo en la sección 4.10, que una herramienta permite o ayuda en el desarrollo de una determinada actividad y esta puede cumplir uno o mas propósitos, pero cuando las herramientas son mal empleadas corren el riesgo de causar daños o mas problemas del que realmente se tiene. Este criterio también aplica para las técnicas, herramientas y metodologías aplicadas en el desarrollo del ACR. Es por esto que aplicarlas correctamente solo se consigue con la práctica y siguiendo el proceso de la manera recomendada; todas ellas proporcionan estructura y criterios definidos consistentemente para aborden coherentemente cada una de las fases, etapas y pasos de la macro metodología de análisis de causa raíz para la eliminación efectiva, segura y económica de los defectos y riesgos que se tienen en cualquier sistema.

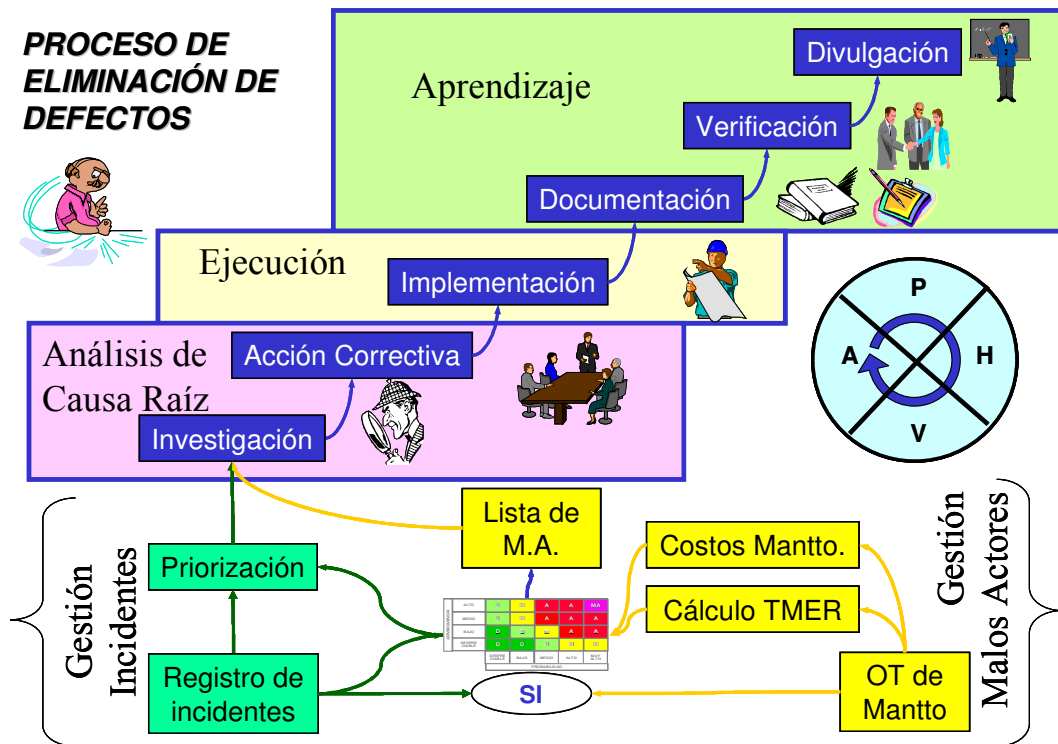
En la Tabla 7, se muestra de manera matricial un resumen de todas las técnicas y herramientas recomendadas, ya sea las que se pueden utilizar todo el tiempo o las que se utilizarían de manera esporádica, para cada una de las etapas contempladas dentro de la metodología ACR; en el Anexo 6 se muestra una plantilla en texto que sirve de guía para realizar el informe ejecutivo para generar los planes acción, producto del ACR y en el Anexo 7, un ejemplo de un caso desarrollado en la Refinería de Cartagena. Finalmente, en la Figura 46 se muestra de manera integral el modelo para desarrollar la estrategia de eliminación de defectos (aquí se observa mas ampliada que la vista en la sección 2.2, Figura 6).

Tabla 8. Matriz de Herramientas contra Etapa de la Metodología ACR

NOMBRE DE LA HERRAMIENTA	ETAPA DEL PROCESO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Informe del Incidente	X										
Matriz de Valoración de Riesgos (MVR)		X									
Diagrama de Relación			○								
Línea de Tiempo			○								
Modelo de Cambio			○	○							
Diagrama de Pareto			○	○							
Enunciado del Problema			X								
Es / No es				X		X					
Análisis de Precisión				○		○					
Recolección de Datos			X	○		X	○				
Diagrama Causa y Efecto (A. A. S. Inc.)					○						
Escalera ¿Porqué? ¿Porqué?					○						
Arbol de Fallas					○			○	○		
Análisis de Cambio					○						
Diagrama Espina de Pescado					○			○	○		
Lista de verificación Humanas/Sistemas					○						
Formato de Selección								○		X	
Galería de Ideas para Soluciones									○		
Planeación de la Prevención											X

X Herramientas que se utilizan todo el tiempo para este etapa.
 ○ Herramienta comúnmente utilizada para esta etapa.

Figura 46. Modelo Integrado de la Estrategia para Eliminación de Defectos



6. CONCLUSIONES

- El éxito en cualquier escenario es producto del trabajo objetivo, organizado, ordenado, estructurado y disciplinado, tal vez sean mas los ingredientes o tal vez menos, pero de una cosa si hay que estar seguros, que éste no es producto de la casualidad, es por esto que el éxito no se encuentra de manera repentina, hay que sembrarlo, cultivarlo y cosecharlo.
- Para alcanzar el éxito organizacional se necesita ser mas competitivos y la estrategia para la eliminación de defectos soportada en el análisis de la causa raíz, permitirá elevar los niveles de productividad, mejorando la confiabilidad de los procesos. De esta manera si se utiliza como punto de partida, permitirá encausar a la confiabilidad en la senda del mejoramiento continuo.
- Una estrategia como esta debe ser un proyecto bandera de cualquier organización para incrementar sus utilidades, hacer mas felices a sus clientes y tener un buen clima laboral dentro y fuera de ésta.
- Conseguir los procesos y productos con cero fallas (no es lo mismo que cero defectos) no es un imposible, sino un proceso de mejora continua que involucra no solo a la cadena productiva de la organización (gerencia, empleados, operaciones, mantenimiento, etc.) sino a aquellas otras personas que están aguas arriba o aguas abajo de ésta (proveedores, clientes, asesores, etc.).
- Lograr los incrementos presupuestados de la confiabilidad mediante esta estrategia, solo se puede, mediante un verdadero compromiso en todos los niveles de la organización.
- La estrategia por ser un conjunto de metodologías, técnicas y herramientas, requiere que se desarrolle e implemente paso a paso para que todas las personas de la organización se involucren, mejorando su conocimiento y aplicando de manera disciplinada y coherente todas las técnicas sin desviarse del rumbo.
- La estrategia requiere que en las etapas de ejecución, se realice de manera coherente, planeada y sistemática todas las acciones recomendadas, es por eso que aquí y en la fase inicial de registro de incidentes, el sistema de información de mantenimiento (SICAM) ejerce su mayor aporte al proceso.
- La gerencia debe generar los espacios para mejorar el conocimiento y habilidad de su activo mas valioso (su gente); que implementar todos estos elementos no es producto de magia o del azar, ni se consigue de la noche a la mañana, en realidad es un macro proceso de la organización.

En todo lo dicho es indispensable ser cuidadosos, pues el proceso exige disciplina y compromiso, tanto así que se puede ver afectado por muchas amenazas, por eso es bueno comentarlas para que se conviertan en oportunidades:

1. Los resultados no se consiguen de inmediato, y se podría abandonar su implantación por comprender las cosas de la manera equivocada.
2. El compromiso no debe ser con palabras de la boca hacia fuera, sino con planes y programas realizables.
3. No aplicar correctamente las herramientas y técnicas puede despertar incredulidad hacia el proceso.
4. Tener equipos de análisis demasiado grandes no fomenta la sinergia sino la entropía, es recomendable crear equipos núcleo de una persona por especialidad o disciplina del conocimiento, por cada unidad productiva que se tenga en la organización.
5. La gran amenaza es la falta de comprensión con la metodología misma, es por esto recomendable tener personas Facilitadores para cada taller de ACR.
6. La metodología de ACR no debe parar en donde se presentan las fallas o sea en su nivel físico, sino en el plano donde las personas toman las decisiones de cualquier proceso.
7. La experiencia muestra que el esfuerzo involucrado para la estrategia de eliminación de defectos, está distribuido en un 50% para el desarrollo del análisis de causa raíz y diseño de sus soluciones, el otro 50% se invierte en la implantación de las recomendaciones y evaluación de su efectividad.
8. El propósito de un análisis de causa raíz no solo está en solucionar el problema y eliminar el riesgo. También sirve para replicar el conocimiento dentro o fuera de la organización de un caso que se haya resuelto, es posible que en otras partes se tenga un problema parecido, si no el mismo.
9. Un análisis de causa raíz sin la recolección de los datos y los hechos, equivale a ir a una corte sin la evidencia que todos quieren escuchar.
10. Todo equipo para el análisis de causa raíz debe tener personas de diferente especialidad, experiencia y de diferentes frentes de la organización. Si se hace con personal de solo mantenimiento, el resultado será que la falla o el problema radica en operaciones. De igual modo sucede si se hace al contrario.
11. El objetivo mas importante para el ACR son la determinación de las soluciones para generar las acciones correctivas. Estas deben ser asignadas a personas (con nombre propio) quienes serán responsables por su implementación, también deben ser ejecutadas lo antes posible para evitar que el problema, incidente o falla se vuelva a presentar.
12. El ACR determina las acciones correctivas que solucionarán un problema, pero una vez implementadas, tomará tiempo comprobar que efectivamente lo solucionaron, por eso es importante reconocer que el ciclo no se ha cerrado, hasta que efectivamente se comprobó la efectividad de las acciones.
13. En todo caso resuelto se debe hacer una evaluación de los beneficios generados, de esta manera, se reconocerá mas el valor que tiene para la organización el implementar prácticas, estrategias y metodologías de este tipo
14. Finalmente la eliminación de defectos como se dijo al inicio, es el punto de partida y después de haber alcanzado el nivel deseado, la organización podrá embarcarse en técnicas y tecnologías mas sofisticadas para que sigan buscando ser más competitivos.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ RUEDA, Angel. Modelo gerencial para el control administrativo de fallas y pérdidas en equipos. Bucaramanga, 2000, 141 p. Monografía de grado (Especialista en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

BELTRAN, Enrique. Salud ocupacional y seguridad industrial. En : ACEVEDO, Leonardo. Postgrado en gerencia de mantenimiento : gerencia ambiental industrial. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2003. 7 v.

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS. Sistema de gestión de información de activos de ecopetrol (mims – ellipse). Cartagena: ECOPETROL, 2002 / 3.

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS. Manual del proceso IMC : análisis de falla. Barrancabermeja : ECOPETROL, 1997, 27 p.

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS. Procedimiento para análisis de problemas y aplicaciones de correcciones preventivas y correctivas. Cartagena : Refinería de Cartagena., 2001, 9 p.

ECOPETROL S.A. Manual del proceso IMC. Cartagena : Ecopetrol, 2003, 105 p.

GALINDO CARDENAS, Alberto. Análisis y diagnóstico de fallas utilizando la metodología del árbol lógico de fallas. Bucaramanga, 2000, 113 p. Monografía de grado (Especialista en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico - Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

GANO, Dean L. Apollo root cause analysis : effective problem solving defined. New York : Apollo Associated Services Inc., 2000, 12 p.

GONZALEZ, Carlos Ramón. Seminario IV : evaluación de la investigación (posgrado en gerencia de mantenimiento). Bucaramanga: UIS, 2003. 25 p.

GONZALEZ, Isnardo. Seminario II : monografía de la especialización. (posgrado en gerencia de mantenimiento). Bucaramanga: UIS, 2003, 95 p.

IYER, K.R. Mantenimiento del operador: clave para reducir los daños. En : Hydrocarbon Processing Magazine. N° 10 (oct. 2002); 11 p.

KEPNER, Charles y TREGOE, Benjamín. El Nuevo Directivo Racional : análisis de problemas y toma de decisiones . Méjico : Mc Graw Hill, 1993, 238 p.

KUME, Hitoshi. Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad. Bogotá : Norma, 1992, 236 p.

LATINO, Robert. Failure analysis/problem solving methods. Hopewell : USA Reliability Center, 1994, 85 p.

OMAN LNG. Procedure for the use of omnisafe : reporting and investigating incidents. Oman : OMAN, 2000, 16 p.

PEREZ MARTINEZ, Edilberto. Gerencia de recursos humanos (posgrado en gerencia de mantenimiento). Bucaramanga : UIS, 2003, 249 p.

SHELL G.S. Guía del proceso de solución de problemas basado en hechos : eliminación de defectos. Barrancabermeja: Shell, 2002, 63 p.

SHELL G.S. RRM ecopetrol : entrenamiento en el gerenciamiento del riesgo y la confiabilidad, Bucaramanga : 2002, 133 p.

SHELL G.S. - ECOPETROL. Ecopetrol refinera de cartagena (grc) merit study. Cartagena : Shell, 2001, 74 p.

SHELL G.S. Taller de diagnóstico de la ingeniería de fallas, Bucaramanga : Shell, 2002, 368 p.

SOTO, Marlon; ORTIZ, Daniel y BOHORQUEZ, Luis; Mejoramiento del desempeño de las plantas a través del gerenciamiento de la confiabilidad operacional. En : CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO (5º : 2003 : Bogotá). Ponencias del V Congreso Internacional de Mantenimiento. Bogotá : ACIEM, 2003, 54 p.

TAVARES, Lourival. El mantenimiento como generador de retorno de inversión. En : CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO (5º : 2003 : Bogotá). Ponencias del V Congreso Internacional de Mantenimiento. Bogotá : ACIEM, 2003, 28 p.

U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. Root cause analysis guidance document. Whashington D. C. : DOE, 1992, 69 p.

VERA, César Edmundo. Salud ocupacional (posgrado en gerencia de mantenimiento). Bucaramanga: UIS, 2003, 202 p.

VILLALOBOS, Alberto. La organización basada en prácticas de calidad. Barrancabermeja : ECOPETROL – GCB, 1999, 80 p.

ANEXOS

ANEXO A. METODOLOGIA PROACT

**ANEXO B. INSTRUCTIVO PARA REGISTRO Y SEGUIMIENTO DE
INCIDENTES**

**ANEXO C. INSTRUCTIVO PARA LA INVESTIGACION Y ANALISIS DE CAUSA
RAIZ (ACR)**

**ANEXO D. INSTRUCTIVO PARA LA IDENTIFICACION Y GESTION SOBRE
MALOS ACTORES**

ANEXO E. CARTA NAVEGACION ELIMINACION DE DEFECTOS

ANEXO F. PLANTILLA PARA EL INFORME DEL ACR

ANEXO G. INFORME DE UN CASO DE LA REFINERIA DE CARTAGENA