

## **ANEXO B**

### **DESCRIPCIÓN DETALLADA PARA REALIZAR LAS TÉCNICAS PHA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS.**

#### **1. TÉCNICAS CUALITATIVAS.**

##### **1.1. WHAT IF (Que Pasa Si)**

Esta técnica consiste en una lluvia de ideas en la cual el grupo de trabajo realiza preguntas a cerca de algunos eventos indeseables o situaciones para la detección de anomalías en el comportamiento del proceso, plantea las posibles desviaciones en el diseño, construcción, modificaciones y operación utilizando la pregunta: "¿Qué pasaría si?" en forma de lista de control.

El equipo de trabajo debe ser técnico y multidisciplinar conformado por 2 ó 3 personas especialistas y con experiencia en el diseño, operación y mantenimiento en el área a analizar, deben contar con documentación detallada de la planta, proceso, equipos y procedimientos de operación y seguridad.

El equipo analiza el proceso ante:

- Falla de equipos
- Errores humanos
- Condiciones operativas anormales

Para desarrollar esta técnica se debe realizar los siguientes pasos:

- Dividir el proceso en nodos o unidades de equipo.
- Postular problemas y fallos preguntando ¿qué pasaría si?
- Para cada pregunta se evalúan sus consecuencias.
- Para cada pregunta se identifican las medidas de seguridad presentes que previenen la ocurrencia o mitigan las consecuencias.
- Para cada pregunta se recomiendan las acciones necesarias para reducir o eliminar sus consecuencias.

Ejemplo del formato típico de la hoja de trabajo que contiene la tabla con los resultados de esta técnica:

Organismo/ centro de trabajo/ área de trabajo o equipo:							
Grupo de trabajo:							
N° de diagrama de tubería-instrumentación:							
Fecha:							
Condiciones de diseño:							
¿Qué pasa si?	Consecuencias	Protecciones	F	C	AR	Recomendaciones	Responsable

Tabla 1. Ejemplo de un Formato What If

Desventaja: Las preguntas no son pautadas y por lo tanto siempre existe la posibilidad que un peligro poco habitual pase desapercibido si la pregunta adecuada no es formulada.

## 1.2. PrHA- Preliminary Hazard Analysis (Análisis Preliminar de Peligros)

Es un análisis semi-cuantitativo que se realiza para:

- Identificar todos los peligros potenciales y los efectos de accidentes que pueden provocar un accidente
- Posición de los acontecimientos accidentales identificados de acuerdo a su gravedad
- Identificar los controles necesarios de peligro y las acciones de seguimiento

Requiere un equipo pequeño, puede ser realizado por 2 personas con conocimiento en los sistemas de seguridad del proceso. También lo pueden realizar personal menos experimentado, pero el estudio no será tan detallado y exhaustivo porque se utiliza el criterio personal del analista.

Una vez definido el alcance del estudio, se realiza el análisis de cada zona o área del proceso con el objetivo de identificar los peligros y evaluar las causas y efectos de los posibles accidentes relacionados con estos para poder asignar una categoría de peligro a cada situación de accidente. Por último se recomiendan medidas correctivas y/o preventivas.

En la tabla 2 se muestra un ejemplo del formato típico de las hojas de trabajo que contienen la tabla con los resultados de esta técnica:

Área: _____				Fecha: ___/___/___			
Numero: _____				Miembros equipo: _____			
		HAZARD CAUSA/EFEECTO				OPCIONES DE MITIGACION	ACCION CORRECTIVA
N°	Descripción del Peligro	Causa Potencial	Efectos	Probabilidad de la gravedad	Categoría de peligro	Medidas correctivas	Descripción

Tabla 2. Ejemplo de Formato Analisis preliminar de peligros

Varias variantes de PHA se utilizan, y, a veces bajo nombres diferentes, como

- Clasificación de Riesgo rápida
- Identificación de los peligros (HAZID)

### 1.3. Checklist (Lista de Chequeo / Verificación)

La lista de chequeo consiste en un listado de preguntas, en forma de cuestionario, basado en la información de los códigos o estándares de operación y mantenimiento de calderas industriales. Su principal función es crear listas de control para mejorar el desempeño de los trabajadores y asegurarse que cumplen con las reglamentaciones y estándares de la industria.

Una lista de chequeo es una enumeración de las medidas de protección, procedimientos, propiedades de materiales, peligros esperados y buenas prácticas de diseño. La lista de chequeo es sobre la materia prima, equipos, instrumentación y control, procedimientos y acciones de emergencia.

Normalmente una sola persona con conocimiento en el proceso estudiado puede realizar una checklist, para procesos complejos puede ser necesario un pequeño equipo de 2-3 personas.

Esta técnica consta de:

- Selección o desarrollo de la checklist apropiada: se selecciona de los estándares internos, códigos, guías para la industria. Si no hay ninguna checklist disponible, se debe utilizar la experiencia del equipo y la información disponible para generar una.
- Utilización de la checklist durante las inspecciones visuales y entrevistas con el personal de operaciones se compara el equipo del proceso y las operaciones del mismo con las que contiene la checklist utilizada, para de este modo encontrar las deficiencias.

Los resultados consisten en una lista con las preguntas estándar para cada parte del equipo del proceso (basadas en las deficiencias normales de éste) y las respuestas a las mismas. Un ejemplo de esto se ve en la tabla 3.

Lista de verificación	Descripción	Consecuencia	Acciones correctivas
Inventario de control: -Almacenamiento de sustancias peligrosas, como combustibles.			
Área de producción.			
Procedimientos del operario.			

Tabla 3. Ejemplo de Lista de Chequeo

Desventajas: Desarrollar una Checklist requiere mucha experiencia e información y no identifica peligros que son resultado de la interacción de diferentes componentes.

#### 1.4. Safety Review (Revisión de Seguridad)

Es en una revisión detallada cualitativamente de un proceso existente, en la que se identifican los procedimientos de operación que necesitan ser revisados, las modificaciones en el proceso o en el equipo que pueden introducir nuevos peligros y el equipo mantenido de forma inadecuada.

El equipo normalmente estará formado por unas cinco personas que conocen los estándares de seguridad y los procedimientos de operación, por ello es necesario incluir personal de mantenimiento y de operaciones.

Para la aplicación de esta técnica se debe:

- Definir los sistemas, procedimientos, operaciones y personal a evaluar.
- Revisar los peligros conocidos y la historia del proceso.
- Revisar todos los códigos aplicables, estándares.
- Programar entrevistas con los responsables de la seguridad de la operación del proceso.
- Revisar la información sobre informes de accidentes, inspecciones de equipo, auditorías de seguridad

Se utiliza para garantizar que una instalación se está operando y manteniendo según los estándares de diseño, listando deficiencias identificadas, áreas de problema y las acciones recomendadas.

#### 1.5. FMEA- Failure Mode and Effects Analysis (Análisis de modos de fallo y Consecuencias)

Esta técnica identifica los modos de fallo del equipo del proceso para evaluar las consecuencias potenciales asociados a cada uno de ellos. Normalmente genera recomendaciones para aumentar la fiabilidad del equipo y mejorar la seguridad del proceso.

Para desarrollar esta técnica se empieza con un componente del equipo y se determinan los posibles fallos que puede presentar. El estudio sigue la siguiente secuencia:

- Definición del sistema a estudiar: se identifican las condiciones bajo las que se hará el análisis, como son los sistemas, equipos, modos de fallo y condiciones de operación consideradas.
- Dividir el sistema en partes, se identifica el equipo considerando su función, localización y relación con los planos del sistema.
- Identificar los modos de fallo para cada componente del equipo.
- Determinar las causas de cada modo de fallo. Debe incluir la descripción de la fallas y deben estar ordenadas de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia.
- Asignar un ratio de severidad, ocurrencia y detección para cada fallo. Este es un ítem de gran relevancia en el estudio, debe ser desarrollado por un equipo multidisciplinar. No solo se debe considerar las fallas mecánicas del equipo, si no también fallas eléctricas y los efectos en los parámetros de control.
- Identificar las medidas de seguridad existentes que pueden evitar los efectos de cada modo de fallo: descripción de las medidas de seguridad o procedimientos asociados al sistema que pueden reducir la probabilidad de que ocurra un fallo o las consecuencias del mismo.
- Determinar las acciones correctivas y realizar las recomendaciones adecuadas.

En la tabla 4 se muestra un formato típico de las hojas de trabajo que contienen los resultados de esta técnica:

Equipo:						
Personal responsable:						
Fecha:						
Componente	Identificación	Descripción	Modos de fallo	Efectos	Medidas de seguridad	Acciones correctivas

Tabla 4. Formato típico de Análisis de fallos y consecuencias.

Desventaja: Solo identifica los modos de fallo individual (cada fallo se considera que ocurre de manera independiente, sin relación con los otros fallos del sistema, excepto por los efectos que producen). Además no considera los errores humanos en la operación y las consecuencias sobre el medio ambiente.

### 1.6. HAZOP - HAZard Operability Analysis (Análisis de Peligros y Operatividad)

Es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. Por tanto, ya se aplique en la etapa de diseño, como en la etapa de operación, la sistemática consiste en evaluar, en todas las líneas y en todos los

sistemas las consecuencias de posibles desviaciones en todas las unidades de proceso, tanto si es continuo como discontinuo. La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas "palabras guía".

Para procesos complejos se utiliza un equipo de entre 6-8 personas, de entre los que destaca un líder experimentado, un secretario técnico y un equipo técnico con experiencia en diseño, ingeniería, operación y mantenimiento. Mientras que para procesos sencillos se utiliza un equipo de 3-4 personas

### **1. Definición del área de estudio**

Consiste en delimitar las áreas a las cuales se aplica la técnica. En una determinada instalación de proceso, considerada como el área objeto de estudio, se definirán para mayor comodidad una serie de subsistemas o líneas de proceso que corresponden a entidades funcionales propias: línea de carga a un depósito, separación de disolventes, reactores, etc.

### **2. Definición de los nudos**

En cada uno de estos subsistemas o líneas se deberán identificar una serie de nudos o puntos claramente localizados en el proceso. Por ejemplo, tubería de alimentación de una materia prima a un reactor, impulsión de una bomba, depósito de almacenamiento, etc.

Cada nudo deberá ser identificado y numerado correlativamente dentro de cada subsistema y en el sentido del proceso para mejor comprensión y comodidad. La técnica HAZOP se aplica a cada uno de estos puntos. Cada nudo vendrá caracterizado por variables de proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, viscosidad, etc.

La facilidad de utilización de esta técnica requiere reflejar en esquemas simplificados de diagramas de flujo todos los subsistemas considerados y su posición exacta.

El documento que actúa como soporte principal del método es el diagrama de flujo de proceso, o de tuberías e instrumentos, P&ID.

### **3. Aplicación de las palabras guía**

Las "palabras guía" se utilizan para indicar el concepto que representan a cada uno de los nudos definidos anteriormente que entran o salen de un elemento determinado. Se aplican tanto a acciones (reacciones, transferencias, etc.) como a parámetros específicos (presión, caudal, temperatura, etc.). La tabla de abajo presenta algunas palabras guía y su significado.

### **4. Definición de las desviaciones a estudiar**

Para cada nudo se plantea de forma sistemática todas las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad. Para realizar un análisis exhaustivo, se deben aplicar todas las

combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso, descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nudo determinado.

Paralelamente a las desviaciones se deben indicar las causas posibles de estas desviaciones y posteriormente las consecuencias de estas desviaciones

En la tabla 5 se presentan algunos ejemplos de aplicación de palabras guía, las desviaciones que originan y sus causas posibles.

Palabra guía	Significado	Ejemplo de desviación	Ejemplo de causas originadoras
NO	Ausencia de la variable a la cual se aplica	No hay flujo en una línea	Bloqueo; fallo de bombeo; válvula cerrada o atascada; fuga; válvula abierta; fallo de control
MÁS	Aumento cuantitativo de una variable	Más flujo (más caudal)	Presión de descarga reducida; succión presurizada; controlador saturado; fuga; lectura errónea de instrumentos
		Más temperatura	Fuegos exteriores; bloqueo; puntos calientes; explosión en reactor; reacción descontrolada
MENOS	Disminución cuantitativa de una variable	Menos caudal	Fallo de bombeo; fuga; bloqueo parcial; sedimentos en línea; falta de carga; bloqueo de válvulas
		Menos temperatura	Pérdidas de calor; vaporización; venteo bloqueado; fallo de sellado
INVERSO	Analiza la inversión en el sentido de la variable. Se obtiene el efecto contrario al que se pretende	Flujo inverso	Fallo de bomba; sifón hacia atrás; inversión de bombeo; válvula anti retorno que falla o está insertada en la tubería de forma incorrecta
ADEMÁS DE	Aumento cualitativo. Se obtiene algo más que las intenciones del diseño	Impurezas o una fase extraordinaria	Entrada de contaminantes del exterior como aire, agua o aceites; productos de corrosión; fallo de aislamiento; presencia de materiales por fugas interiores; fallos de la puesta en marcha
PARTE DE	Disminución cualitativa. Parte de lo que debería ocurrir sucede según lo previsto	Disminución de la composición en una mezcla	Concentración demasiado baja en la mezcla; reacciones adicionales; cambio en la alimentación
DIFERENTE DE	Actividades distintas respecto a la operación normal	Cualquier actividad	Puesta en marcha y parada; pruebas e inspecciones; muestreo; mantenimiento; activación del catalizador; eliminación de tapones; corrosión; fallo de energía; emisiones indeseadas, etc.

Tabla 5. Palabras guía para estudio HAZOP

## 5. Sesiones HAZOP

Las sesiones HAZOP tienen como objetivo la realización sistemática del proceso descrito anteriormente, analizando las desviaciones en todas las líneas o nudos seleccionados a partir de las palabras guía aplicadas a determinadas variables o procesos. Se determinan las posibles causas, las posibles consecuencias, las respuestas que se proponen, así como las acciones a tomar.

Toda esta información se presenta en forma de tabla que sistematiza la entrada de datos y el análisis posterior. A continuación se presenta el formato de recogida del HAZOP aplicado a un proceso continuo.

## 6. Posibles causas

Describe numerándolas las distintas causas que pueden conducir a la desviación

## 7. Consecuencias

Para cada una de las causas planteadas, se indican el nivel de gravedad basándose con las siguientes consecuencias asociadas como se muestra en la tabla 6.

NIVEL DE GRAVEDAD	CONSECUENCIA
Leve (L)	Impacto limitado inicialmente a la zona del evento con el potencial para una mayor consecuencia, si no las acciones correctivas tomadas.
Medio (M)	Evento de impacto podría causar lesiones graves o la muerte en el sitio o fuera.
Extenso (E)	Caso de que el impacto es de cinco o más veces grave que un incidente serio.

Tabla 6. Impacto de eventos de niveles de gravedad

## 8. Salvaguardas existentes

Se indicará en este caso:

1. Los mecanismos de detección de la desviación planteada según causas o consecuencias: por ejemplo, alarmas
2. Los automatismos capaces de responder a la desviación planteada según las causas: por ejemplo, lazo de control

## 9. Recomendación de nuevas salvaguardas

Propuesta preliminar de modificaciones a la instalación en vista de la gravedad de la consecuencia identificada o a una desprotección flagrante de la instalación

Para la elaboración de un análisis HAZOP, se debe contar con los siguientes elementos:

- Verificar que todo está construido como en los diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID)
- Verificar los límites establecidos por los P&ID.
- Listar los documentos necesarios:
  - P&ID.
  - Diagramas de flujo de procesos.
  - Descripción del proceso.
  - Manuales de operación y procedimiento.
  - Información de materiales procesados.
  - Especificaciones de los equipos y materiales.

ANALISIS DE OPERABILIDAD:							
LINEA O SISTEMA							
Palabra guía	Desviación de la variable	Causas	Probabilidad de causas	Consecuencias	Gravedad de consecuencias	Salvaguardas existentes	Recomendaciones de nuevas salvaguardas

Tabla 7. Formato HAZOP

## 1.2. TÉCNICAS CUANTITATIVAS

### 1.2.1. ETA - Event Tree Analysis (Análisis de Árbol de Eventos)

Técnica que muestra gráficamente las posibles consecuencias de un accidente provocado por un suceso iniciador (un fallo específico del equipo o error humano). Las consecuencias se definen a través del establecimiento de las relaciones entre el suceso iniciador y los sucesos posteriores (secuencia de un accidente) que conducen al accidente teniendo en cuenta la respuesta de los sistemas de seguridad y de los operadores.

Esta técnica se utiliza para analizar procesos complejos que tienen sistemas de seguridad con varios niveles y para diseñar los sistemas de alarmas de las plantas de la industria química, porque facilita la comprensión de todas las formas en las que pueden surgir las condiciones peligrosas y el conocimiento de la probabilidad con la que pueden ocurrir los sucesos.

Una sola persona con conocimiento detallado del proceso o sistema a estudiar puede realizar el estudio, pero es recomendable que lo realice un equipo de entre 2-4 personas para aprovechar el enfoque de lluvia de ideas y revisar los modelos de árbol obtenidos. Dicho equipo debe tener un líder con conocimiento en la técnica ETA y un equipo técnico con experiencia en la operación del proceso analizado.

El estudio sigue la siguiente secuencia:

- Identificar el suceso iniciador: consiste en analizar equipos en mal funcionamiento, errores humanos y condiciones anormales del proceso.
- Análisis del sistema: se identifican todas las fallas (de equipo o humanos) que conducen a la falla de la entrada del árbol de eventos.
- Determinar la secuencia mínima de fallos para que se produzca el accidente: en esta etapa se explica la causa y efecto entre el suceso iniciador y la progresión de los eventos que siguen a este suceso. Generalmente, esto se realiza en forma inductiva y el nivel de detalle considerado en el árbol depende del analista.
- Análisis de datos de fallas: se calcula la probabilidad de los eventos básicos de falla descritos en el árbol de eventos.
- Describir las consecuencias de la secuencia de accidentes.
- Identificar las funciones de seguridad diseñadas para reducir el suceso iniciador.

Los resultados son una serie de diagramas de árbol de sucesos que describen las consecuencias de un determinado accidente, pudiendo incluir una lista con la secuencia mínima de fallos que provocan el mismo como se observa en la Fig 1.

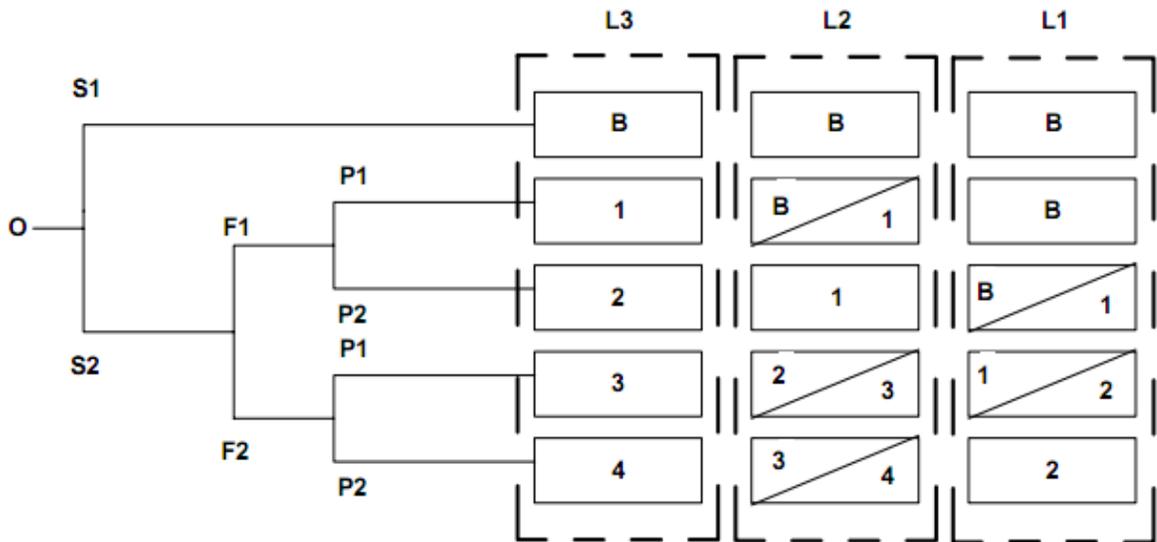


Figura 1. Diagrama de Analisis de Arbol de Eventos

Donde:

o : Suceso iniciador.

S: Severidad del daño potencial.

F: Frecuencia de la exposición del peligro potencial.

P: Posibilidad de evitar el peligro si este ocurre.

L: Probabilidad de ocurrencia de un interbloqueo falla.

Los resultados se utilizan para identificar la debilidad del diseño y de los procedimientos de operación y normalmente proporcionan recomendaciones para reducir la probabilidad y consecuencias de los accidentes potenciales analizados.

### 1.2.2. Relative Ranking (Clasificación relativa de peligros)

Es una técnica que permite hacer una clasificación de las áreas del proceso y/o de las operaciones del mismo, comparando las características de las sustancias químicas, las condiciones del proceso y los parámetros de operación. Otro objetivo puede ser determinar si las características peligrosas del proceso son suficientemente significativas para realizar un estudio posterior, utilizándose antes de que los P&ID estén disponibles. Dependen del tipo de técnica utilizada para hacer la clasificación.

Los métodos de Relative Ranking más usados son:

- El F&EI (Dow Fire and Explosion Index) para evaluar la existencia e importancia de los peligros de fuego y explosión en áreas de la instalación del proceso.
- El Mond Index para evaluar la toxicidad de los materiales del proceso.
- Substance Hazard Index (SHI) para hacer una clasificación de los materiales peligrosos.

- Material Hazard Index (MHI) para determinar las cantidades umbral de materiales peligrosos.
- Chemical Exposure Index (CEI) sobre los factores que pueden influir en los efectos de los escapes de material.

Principales aplicaciones:

- a) Se suele utilizar para tener una visión general de los peligros e identificar las opciones con menor peligro.
- b) Seleccionar las partes del proceso que necesitan estudios más detallados.
- c) Estandarizar la política de gestión del riesgo de una compañía que tenga plantas en diferentes lugares.
- d) Comparar distribuciones de equipo, alternativas de diseño.
- e) No se recomienda su uso en la industria de extracción de petróleo y gas.

### **1.2.3. FTA - Fault Tree Analysis (Análisis de árbol de fallas)**

Esta técnica se centra en un accidente particular o fallo principal de un sistema (top event, los cuales son situaciones específicas de peligro que han sido identificadas anteriormente a través de otras técnicas PHA, proporciona un modelo gráfico, utilizando símbolos de lógicas booleanas, puertas AND y OR, que muestran las combinaciones de fallos del equipo y errores humanos (causas) que pueden producir el fallo principal del sistema (top event).

Cuando el análisis es sencillo, se requiere un único analista con experiencia y conocimiento en la utilización de la técnica puede realizar el estudio. Es conveniente que sea ayudado por personal con experiencia en la operación del proceso y el equipo estudiado a la hora de definir las entradas de las puertas lógicas y de revisar los modelos generados.

Cuando el análisis es complejo: se recomienda la utilización de un pequeño equipo de personas con experiencia en la técnica, sobre todo cuando hay que realizar varios árboles de fallos diferentes, en tal caso, es conveniente que cada miembro se centre en un árbol y se utilice la interacción entre ellos para garantizar la consistencia de los modelos generados.

El estudio sigue la siguiente secuencia:

- Definición del problema a estudiar: se selecciona un top event (situación específica de peligro que ha sido identificadas anteriormente a través de otras técnicas PHA y se fijan las condiciones límite (nivel de resolución, condiciones iniciales, sucesos no permitidos, condiciones existentes).
- Construcción del árbol de fallos: a partir del top event, se identifican las causas inmediatas que lo producen (fault events) y se les busca las causas a estas hasta identificar las causas básicas de cada faultevent. El árbol de

fallos resultante muestra de manera gráfica las relaciones entre los fault event y el top event.

- Análisis del modelo cualitativo del árbol de fallos: obtener las secuencias mínimas de fallos que producen el top event siguiendo los siguientes pasos:
  - Identificar todas las puertas lógicas y los sucesos básicos.
  - Resolver todas las puertas lógicas.

Los símbolos más utilizados se representan en la tabla 8.

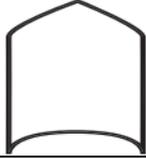
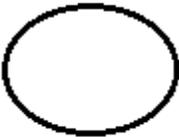
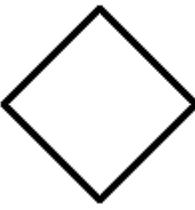
Símbolo	Descripción	Representación
Puerta <b>and</b>	Representa una condición en la cual todos los eventos mostrados debajo de la puerta de entrada tienen que estar presentes para que ocurra el evento de arriba de la puerta.	
Puerta <b>Or</b>	Cualquier evento presente debajo de la puerta de entrada llevara el evento mostrado arriba (evento resultado).	
Rectángulo	Representa el evento negativo y se localiza en el punto superior del árbol y puede localizarse por todo el árbol para indicar otros eventos que pueden dividirse más.	
Circulo	Representa un evento base en el árbol. Se encuentra en los niveles inferiores.	
Rombo	Identifica un evento terminal sin desarrollar. Tal evento es uno no completamente desarrollado debido a una falta de información o significancia. Son utilizados para manifestar procedimientos y equipos.	
Triangulo	Significa una transferencia de una rama del árbol de fallas a otro lugar del árbol.	

Tabla 8. Simbología para Análisis de Arbol de Fallas

Sus resultados consisten en diagramas de árboles de fallos que muestran las causas o secuencias de fallos que pueden originar un determinado accidente como se muestra en la figura 2, su gran utilización se basa en que pueden proporcionar resultados tanto cualitativos mediante la búsqueda de caminos críticos, como cuantitativos, en términos de probabilidad de fallos de componentes.

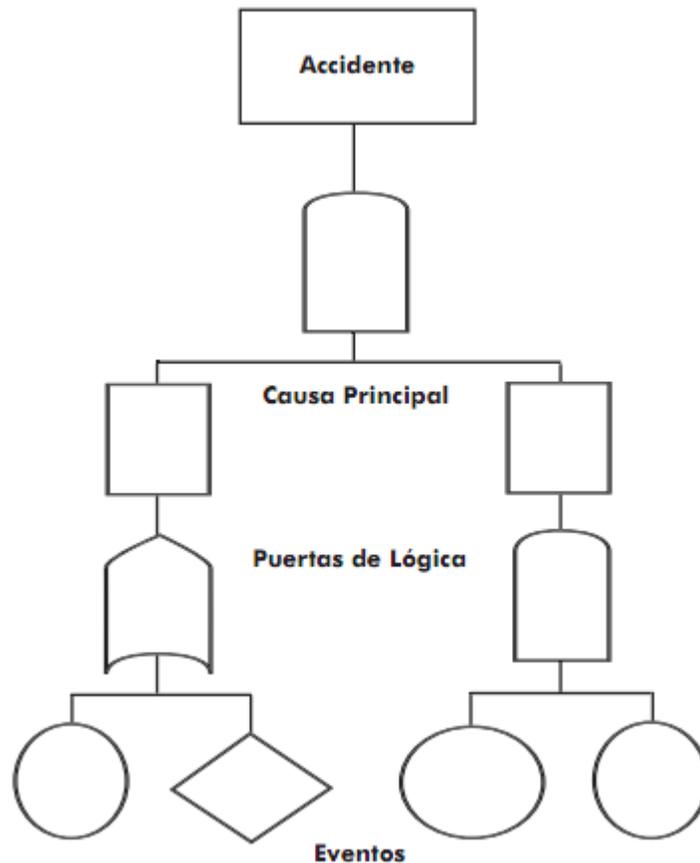


Figura 2. Ejemplo de Analisis de Arbol de Fallas

#### 1.2.4. CCA - Cause and Consequence Analysis (Análisis de Causas y Consecuencias)

Es una técnica que mezcla árbol de fallos (FTA) y análisis de árbol de sucesos (ETA). Esta técnica combina el análisis de la causa (descrito por los árboles de fallos) y análisis de las consecuencias (descrito por árboles de sucesos), y el análisis deductivo e inductivo que se usa.

El objetivo del CCA es la identificación de cadenas de acontecimientos que pueden resultar en consecuencias no deseadas. Con las probabilidades de los diferentes eventos en el diagrama del CCA, las probabilidades de las diversas

consecuencias se pueden calcular, por lo que se puede establecer el nivel de riesgo del sistema.

### Explicación esquemática de cómo aplicarla:

Una vez definido el alcance, hay que seguir los siguientes pasos:

- Seleccionar un suceso o situación de accidente a evaluar: los sucesos se pueden definir como top event (como FTA) y como suceso iniciador (como ETA).
- Identificar las funciones de seguridad que pueden influir sobre el desarrollo del suceso que conduce al accidente.
- Desarrollar los caminos que pueden llevar del suceso al accidente.
- Desarrollar el suceso iniciador y el fallo de la función de seguridad para determinar sus causas.
- Evaluar la secuencia mínima que provoca el accidente.

Los resultados son diagramas que muestran la relación entre las causas y los efectos o consecuencias de un determinado accidente como se muestra en la figura 3.

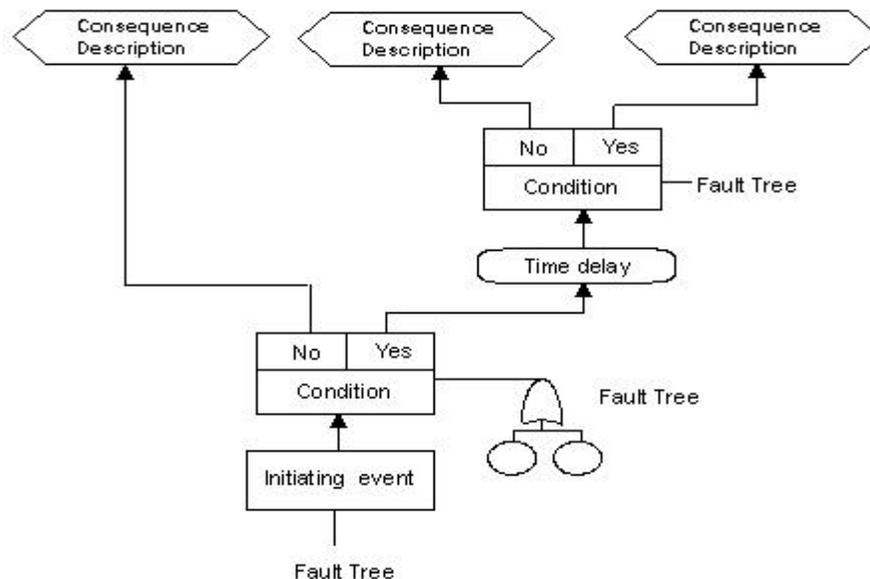


Figura 3. Ejemplo de Analisis de Causas y Consecuencias

### 1.3.5 HRA (Human Reliability Analysis) Análisis de Fiabilidad Humana.

Las estadísticas indican que un gran número de incidentes en las plantas industriales están asociados al factor humano (fallo humano), por tal motivo se debe tener en cuenta como una causa de desviación de los estudios PHA y prestar atención a sus consecuencias. El análisis del error humano es muy valioso

para entender los incidentes, pero la habilidad de predecir las causas del error humano es virtualmente imposible porque el ser humano está sujeto a la voluntad libre y puede cometer errores.

El objetivo de considerar el error humano como parte de un PHA es minimizar el potencial de fallo debido al mismo. Esto se consigue a través de la revisión de los problemas relacionados con el equipo, diseño, instrumentación, control, operación, organización, comunicación, medioambiente, etc. A nivel internacional, muchas autoridades y organizaciones están mostrando un interés especial hacia los fallos humanos (OSHA, EPA, API) por lo que es previsible que en un futuro su análisis sea obligatorio.

Los fallos humanos se pueden clasificar de muchas formas, pero la más simple es por el tipo de acción:

- Omisión: La acción no es realizada.
- Comisión: La acción es realizada pero de forma incorrecta.
- Adición: Una acción no prevista es realizada en sustitución o como complemento de otra.

Otra forma de clasificarlos es en función del mecanismo y/o causas que originan el fallo:

- Relativos a las personas: sobrecarga de tareas, falta de conocimiento del idioma por parte de los operadores, bajo nivel de entrenamiento de los operadores, exceso de confianza, etc.
- Relativos a los procedimientos de operación: desconocimiento (parcial y/o total) del procedimiento establecido, accesibilidad / visibilidad de los procedimientos.
- Relativos a los equipos: inadecuada identificación de los equipos, controles e interruptores situados de forma inadecuada, instrumentos con difícil calibración.
- Relativos al medio: condiciones de trabajo inadecuadas.

El tamaño del equipo depende del alcance del análisis, normalmente uno o dos miembros con experiencia en el factor humano pueden realizar el estudio, los cuales deben estar familiarizados con las técnicas de entrevista, tener acceso al personal de la planta y conocer la respuesta del sistema ante los posibles errores humanos.

### **Explicación esquemática de cómo aplicarla:**

Una vez definido el alcance, hay que seguir los siguientes pasos:

- Describir las características del personal, el ambiente de trabajo y las tareas realizadas: las fuentes de información con descripciones escritas y gráficas de los ambientes de trabajo, procedimientos de operación, información sobre los empleados (educación, lengua), entrevistas con los operadores.
- Evaluar la interfaz hombre-máquina.
- Realizar un análisis de tareas de las funciones del operador.
- Realizar un análisis del error humano en las funciones del operador.

Los resultados son diagramas, en forma de árbol de sucesos, que muestran las secuencias de posibles errores humanos que pueden provocar accidentes.

### **BIBLIOGRAFIA**

- [1]. Puerta, Fernando Alonso de la, "Guía para la selección y aplicación de las técnicas de PHA (análisis de peligros de procesos)", Universidad Politécnica de Catalunya. Disponible en <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/4187>. [Acceso en Octubre 21 de 2011].