

## **Guía de los estudios de riesgos de accidente derivados del mal funcionamiento**

(Publicado originalmente por el Consejo de Seguridad e Higiene de la Industria Química de la Asociación de Industrias Químicas con el título de *A guide to hazard and operability studies* (Londres, 1977); reproducido con la autorización de la Chemical Industries Association Limited del Reino Unido, titular del derecho de autor del material informativo.)

(Preparado inicialmente en la ICI y publicado para el uso general de la industria por representantes de BP Chemicals Limited, Chemical Industries Association Limited, ICI Central Safety Department, Shell Chemicals (UK) Limited, bajo los auspicios del Comité de Seguridad del Consejo de Seguridad e Higiene de la Industria Química [CISHEC].)

## Prólogo

La industria química se interesa continuamente en la innovación. Produce una corriente constante de nuevos procedimientos y productos que a veces requieren trabajar en condiciones extremas de temperatura, presión, escala de manejo o de toxicidad. Los cambios importantes producen, a su vez, una serie de cambios menores a medida que los conocimientos aumentan y que los procedimientos se hacen óptimos

En la industria existe una considerable y creciente comprensión de la necesidad de aplicar métodos más sistemáticos de seguridad, particularmente en el diseño de la planta. Por otra parte, la sociedad en general ejerce una presión cada día mayor para que se establezcan normas perfeccionadas de seguridad.

Siempre que se realiza algo nuevo existe el peligro de que alguna parte del proceso no se comporte de la manera prevista y de que esa desviación tenga graves consecuencias para otras partes del proceso.

Una técnica concebida para estudiar esas desviaciones se conoce con la designación de *estudio de los riesgos relacionados con el funcionamiento*. En la publicación *Safety Audits* del Consejo de Seguridad de la

Industria Química Británica, esa técnica se define de la manera siguiente.

*La aplicación de un examen crítico sistemático y regular al proceso y a las intenciones técnicas de las nuevas instalaciones para evaluar el potencial de riesgo de accidente de un mal funcionamiento de un elemento individual del equipo y sus consecuencias sobre la instalación en conjunto.*

Esta técnica tiene por objeto estimular la imaginación de los proyectistas de una manera metódica, con el fin de que puedan poner al descubierto los riesgos potenciales de un diseño. Es extremadamente flexible. Puede aplicarse a las plantas de todo tipo de la industria, desde las grandes plantas continuas, como las de productos petroquímicos o de amoníaco, hasta los componentes de equipo patentados individuales, como los autoclaves o las máquinas que fabrican láminas de plástico, pasando por unidades de producción de lotes pequeños. La técnica puede ser utilizada por organizaciones grandes o pequeñas.

La presente guía presenta esta técnica de manera que sea posible tener una idea del método, su alcance y su valor.

## Nota sobre la presentación

El orden de los capítulos se ha concebido primeramente para dar a conocer los principios básicos de la técnica y situarla luego en su contexto.

La característica destacada de los estudios sobre los riesgos de accidente relacionados con el funcionamiento es la «reunión de examen», durante la cual un equipo multidisciplinario analiza de modo sistemático todas las partes pertinentes de un diseño sirviéndose de un método estructurado pero creativo. Como ésta es la clave de toda la tarea, se describe primero en un capítulo dedicado a los principios de examen.

Antes de proceder al examen se requiere cierto trabajo preparatorio y, naturalmente, se ha de realizar también un trabajo complementario para ocuparse de los riesgos expuestos y, documentarlos. En el capítulo 3 se

describen los procedimientos prácticos para realizar un estudio sobre los riesgos de accidente relacionados con el funcionamiento. Estos estudios no son un fin en sí mismos, sino parte de un procedimiento general para iniciar, proyectar, construir, encargar y poner en funcionamiento una instalación. Los estudios se pueden llevar a cabo en diversas etapas, y el momento oportuno para hacerlos se examina en el capítulo 4.

En los apéndices se analizan otros aspectos. Los primeros tres apéndices tratan de las aplicaciones prácticas, con inclusión de ejemplos elaborados con respecto a plantas de diversos tipos. Posteriormente, se dan consejos prácticos acerca de cómo iniciar un estudio sobre los riesgos de accidente relacionados con el funcionamiento, cómo capacitar a las personas que han de realizarlo y cómo proporcionar un apoyo constante a los que se dedican a ello.

# Índice

## 1. Introducción

### 2. Los principios de examen

- 2.1 El concepto básico
- 2.2 Un ejemplo sencillo
- 2.3 Significados de las palabras-guía
- 2.4 Otros consejos sobre el empleo de las palabras-guía

### 3. El procedimiento de estudio

- 3.1 Definición de los objetivos
- 3.2 Composición del equipo
- 3.3 Trabajo preparatorio
- 3.4 El examen en la práctica
- 3.5 Trabajo complementario o de seguimiento
- 3.6 Anotación de los resultados

### 4. La programación de los estudios

- 4.1 Verificación temprana de los riesgos de accidentes mayores
- 4.2 Estudios en la etapa de «congelación del diseño»
- 4.3 Estudios antes de la puesta en marcha
- 4.4 Estudios de las plantas existentes

## 5. Glosario

## 6. Agradecimientos

## 7. Bibliografía

### Apéndices

- 1 Aplicación a una planta de fabricación continua
- 2 Aplicación a una fábrica de producción por lotes
- 3 Aplicación a un elemento patentado del equipo
- 4 Cómo iniciar un estudio de los riesgos de accidentes en relación con el funcionamiento
- 5 Capacitación
- 6 Forma concreta de los estudios sobre los riesgos de accidentes en relación con el funcionamiento

## 1. Introducción

La seguridad en el diseño de las plantas de productos químicos depende primordialmente de la aplicación de diversos códigos de prácticas o códigos de diseño que se basan sobre la experiencia y los conocimientos teóricos amplios de los expertos profesionales y especialistas de la industria. Esa aplicación está respaldada por la experiencia de los directores de fábrica y los ingenieros nacionales que han participado en plantas análogas y que han tenido una experiencia directa en su funcionamiento.

Todo nuevo proyecto entraña algún elemento de cambio, pero en la industria química el grado de cambio de una planta a la siguiente es a menudo considerable. Conviene reconocer que el acervo de la experiencia acumulada recogida en los códigos, etc., está limitado por la extensión de los conocimientos actuales y sólo puede ser pertinente en la medida en que es posible aplicarla a nuevos productos, a nuevas plantas y a nuevos métodos de funcionamiento previstos en el nuevo diseño. En estos últimos años se ha puesto más claramente de manifiesto que, aun cuando los códigos de prácticas son sumamente valiosos, es particularmente importante *complementarlos* con una anticipación imaginativa de los riesgos cuando un nuevo proyecto entraña una nueva tecnología.

La necesidad de verificar los diseños para evitar errores y omisiones se ha reconocido desde hace largo tiempo, pero tradicionalmente esa verificación se lleva a cabo con carácter individual. Los expertos suelen aplicar sus conocimientos especiales o su experiencia para comprobar aspectos particulares del diseño. Por ejemplo, el ingeniero instrumental verificará los sistemas de control y, una vez que esté convencido de que los sistemas son satisfactorios, pondrá su señal de aprobación sobre el diseño y se lo pasará al «experto» siguiente. Este tipo de verificación individual, a condición de que se lleve a cabo de modo concienzudo, mejorará obviamente el diseño, pero es evidente que da pocas posibilidades de detectar los riesgos que entraña la interacción de diversas funciones o especialismos. Es probable que esos riesgos sean el resultado de una interacción imprevista de componentes o métodos de funcionamiento aparentemente seguros en condiciones excepcionales. Para estudiar esas interacciones en los nuevos diseños hacen falta los conocimientos combinados de un grupo de expertos. El conjunto de esos conocimientos teóricos y sus imaginaciones

adiestradas pueden utilizarse para prever si una planta funcionará como se pretende en todas las circunstancias posibles

En el presente informe se describe un método de trabajo para que un grupo de ese tipo pueda realizar su tarea de forma sistemática y cabal.

## 2. Los principios de examen

Como el procedimiento de examen es la parte fundamental de los estudios de esta categoría, se pone de manifiesto y se describe por separado en este capítulo

### 2.1. El concepto básico

El procedimiento de examen consiste esencialmente en hacer una descripción completa del proceso, analizar de manera sistemática cada una de sus partes para descubrir cómo se pueden producir desviaciones de la intención del diseño y determinar si esas desviaciones pueden originar riesgos

El análisis se concentra sucesivamente en cada una de las partes del diseño. Cada parte es objeto de un número de preguntas formuladas en torno a varias *palabras-guía* que se derivan de las técnicas del estudio de los métodos. En efecto, las *palabras-guía* se utilizan para que las preguntas formuladas con el fin de poner a prueba la integridad de cada parte del diseño sirvan para analizar todas las formas concebibles en que ese diseño podría desviarse del objetivo que se le había asignado. Se pueden descubrir así varias desviaciones teóricas y cada desviación se analiza a continuación para determinar cómo se podría producir y cuáles serían sus consecuencias

Algunas de las causas pueden resultar poco realistas y en ese caso sus consecuencias se rechazarán como carentes de importancia. Algunas de las consecuencias pueden ser triviales y su estudio no se proseguirá. Sin embargo, puede haber algunas desviaciones cuyas causas sean concebibles y cuyas consecuencias sean potencialmente peligrosas. En ese caso, se toma nota de esos riesgos potenciales para adoptar medidas correctivas.

Después de examinar una parte del diseño y de anotar cualquier riesgo potencial relacionado con ella, el estudio pasa a concentrarse en la parte siguiente. El examen se repite hasta haber estudiado toda la planta

El objetivo del examen es poner al descubierto toda posible desviación de la manera en que se espera que el diseño trabaje y todos los riesgos asociados con las desviaciones. Además, algunos de los riesgos son evitables. Si la solución es obvia y no es probable que cause efectos adversos en otras partes del diseño, se puede adoptar una decisión y modificar el diseño de inmediato. Sin embargo, esto no siempre es posible, por ejemplo, quizás sea necesario obtener más información. Por tanto, el resultado de los exámenes normalmente está constituido por una mezcla de decisiones y preguntas por contestar en reuniones posteriores.

Aunque puede parecer que el método descrito da origen de una manera mecánica a numerosas desviaciones hipotéticas, su éxito o su fracaso dependen de cuatro aspectos

- i) la precisión de los dibujos y otros datos utilizados como base para el estudio;
- ii) los conocimientos técnicos y la perspicacia del equipo,
- iii) la capacidad del equipo para utilizar el método como un medio auxiliar de su imaginación en la percepción de desviaciones, sus causas y consecuencias;
- iv) la capacidad del equipo para mantener un sentido de la proporción, en particular cuando se evalúa la gravedad de los riesgos de accidente que se han puesto al descubierto

Como el examen es muy sistemático y altamente estructurado, es necesario que quienes participan en él utilicen ciertas palabras y expresiones de una manera precisa y disciplinada. Los términos más importantes son los siguientes.

### **Intención**

La intención define cómo se espera que funcione la pieza. Puede adoptar diversas formas y ser esquemática. En muchos casos será un diagrama de elaboración o lineal. En la sección 3.3 se describen otras formas.

### **Desviaciones**

Se trata de desvíos de la intención que se descubren mediante la aplicación sistemática de las palabras-guía

### **Causas**

Son las razones por las que se pueden producir desviaciones. Una vez que se ha puesto de manifiesto que una desviación tiene una causa concebible o realista, puede tratarse como algo que tiene explicación.

### **Consecuencias**

Son los resultados de las eventuales desviaciones que puedan producirse

### **Riesgos de accidentes**

Son las consecuencias que pueden causar daños, lesiones o pérdidas.

### **Palabras-guía**

Son palabras sencillas que se utilizan para calificar la intención a fin de guiar y estimular el proceso de pensamiento creativo y descubrir así desviaciones. En el cuadro 1 figura una lista de palabras-guía.

## **2.2. Un ejemplo sencillo**

Para ilustrar los principios del procedimiento de examen, imaginaremos una planta en la que las sustancias químicas A y B reaccionan para formar el producto C. Supongamos que el proceso químico es tal que la concentración de la materia prima B no debe exceder nunca a la de A, ya que de lo contrario podría producirse una explosión.

En la figura 1 se parte, digamos, de la tubería que se extiende del lado de aspiración de la bomba que aporta la materia prima A hasta donde penetra en el recipiente de reacción.

La intención se describe en parte por medio del diagrama y en parte por medio de los requisitos del control del proceso para transferir A a alguna velocidad específica. La primera desviación es la que se obtiene aplicando la palabra-guía NO a la intención. Esto se combina con la intención para dar

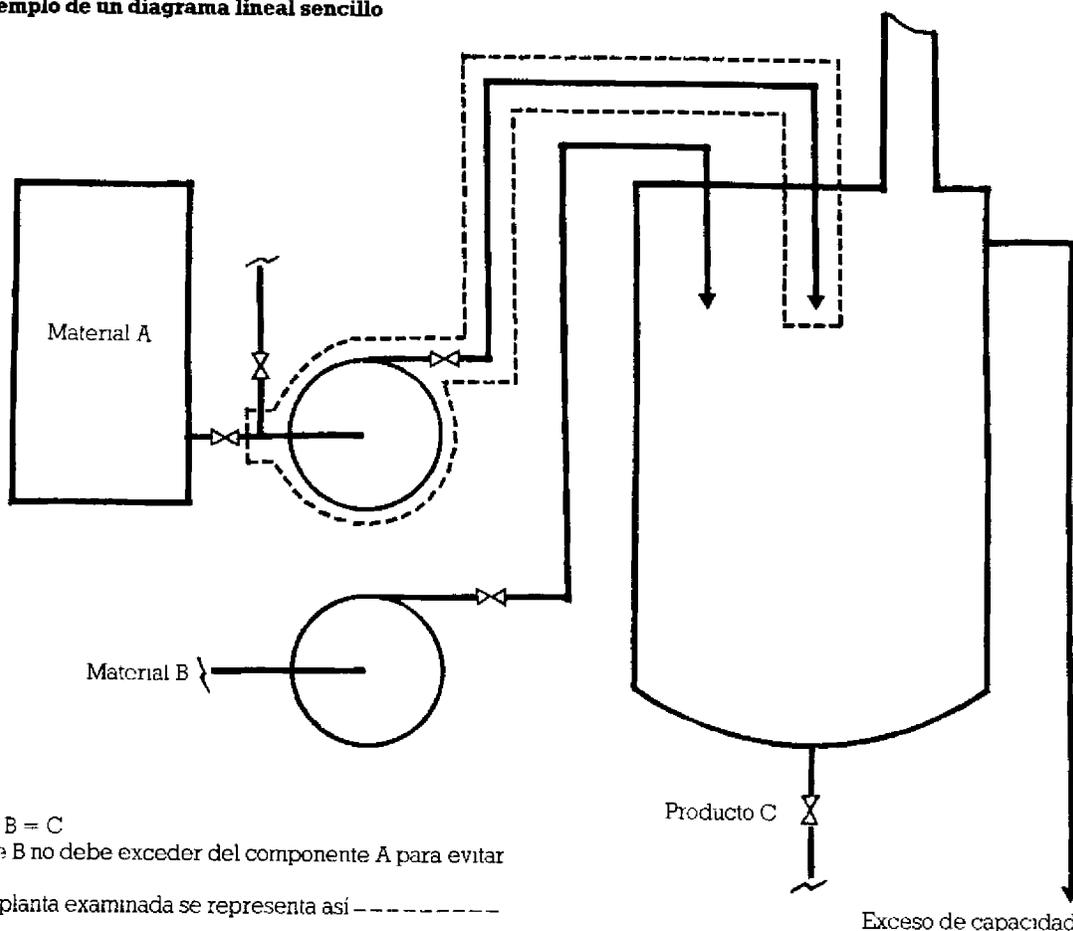
### **NO TRANSFERIR A**

El diagrama se examina luego para determinar las causas que podrían producir un cese completo de la corriente de A. Esas causas podrían ser.

- i) el tanque de abastecimientos está vacío,
- ii) la bomba no gira debido a
  - fallo mecánico,
  - fallo eléctrico;
  - la bomba está desconectada, etc.,
- iii) la tubería se ha roto,
- iv) la válvula de separación está cerrada

Es evidente que por lo menos algunas de estas causas son concebibles, por lo que cabe decir que se trata de una desviación seria.

Figura 1. Ejemplo de un diagrama lineal sencillo



Reacción:  $A + B = C$   
 El componente B no debe exceder del componente A para evitar una explosión  
 La parte de la planta examinada se representa así -----

A continuación se examinan las *consecuencias*. El cese completo de la corriente de A conduciría muy pronto a un exceso de B sobre A en el recipiente de reacción y, consecuentemente, a un riesgo de explosión. Hemos descubierto, por tanto, un *riesgo* en el diseño, del que se toma nota para examinarlo más a fondo.

Aplicamos ahora la *palabra-guía* siguiente que es MAS La *desviación* es

HA PASADO MAS A AL RECIPIENTE DE REACCION

La *causa* sería que las características de la bomba pueden, en ciertas circunstancias, producir una velocidad de corriente excesiva. Si esta *causa* se acepta como realista, examinaremos las *consecuencias*.

- i) la reacción produce C contaminado con un exceso de A que pasa a la etapa siguiente del proceso;
- ii) la corriente excesiva que entra en el recipiente de reacción implica que parte de ella saldrá del recipiente por desbordamiento

Habrá que obtener más información para determinar si esas *consecuencias* constituirían un *riesgo*.

La *palabra-guía* siguiente es MENOS. La *desviación* es

HA PASADO MENOS A AL RECIPIENTE DE REACCION

Las *causas* son poco diferentes de las causas cuando la *desviación* consiste en el cese completo de la corriente de A:

- i) la válvula de separación está ligeramente cerrada,
- ii) la tubería está en parte bloqueada,
- iii) la bomba no produce una corriente completa debido a que:
  - las ruedas móviles están desgastadas, o
  - las válvulas están desgastadas, etc

La *consecuencia* es análoga a la del cese completo de la corriente, al igual que el *riesgo* potencial de una posible explosión

A continuación se aplican otras cuatro *palabras-guía* a la *intención* del diseño de esta parte, para asegurarse de que se analizarán todas las *desviaciones* concebibles

Cuando se ha examinado la tubería que introduce la materia prima A, se hace una marca en el diagrama para indicar que se ha verificado. Se elige a continuación la parte siguiente del diseño para estudiarla, que podría ser la tubería que introduce la materia prima B en el recipiente de reacción. Esta secuencia se repite con respecto a cada parte del diseño, cada tubería, los dispositivos auxiliares del recipiente, como los agitadores, las acometidas en el recipiente, como las destinadas a suministrar calor o refrigeración, y el propio recipiente. En la figura 2 hay un diagrama de la secuencia. A este enfoque particular se lo denomina a veces el método «línea por línea»

Sólo en circunstancias excepcionales queda constancia escrita de cada etapa del examen. Lo más normal es realizar las etapas mental y verbalmente en el debate y poner por escrito únicamente los *riesgos* potenciales y sus *causas*

La medida propuesta se señala también, si se puede convenir de inmediato. Si existe alguna duda en cuanto a la medida o si hace falta más información, el asunto debe plantearse en una reunión ulterior

### 2.3. Significados de las palabras-guía

En el ejemplo sencillo hemos mostrado los principios del método de examen indicando cómo se aplican las tres primeras palabras-guía. Estas suelen ser claras y producen desviaciones que se entienden con facilidad. Las cuatro restantes palabras-guía no son tan fáciles de aplicar y requieren alguna explicación complementaria. Sus significados se ilustran a continuación, tomando como referencia el ejemplo indicado en la figura 1.

Las dos desviaciones siguientes son cualitativas y se conserva la finalidad o intención del diseño original, total o parcialmente. En la primera desviación se producen algunos otros efectos conjuntamente con la finalidad del diseño. Las palabras-guía son *ASI COMO* y la desviación *ASI COMO LA TRANSFERENCIA A*. Esto puede significar:

- i) La transferencia de algún componente además de A. Un examen del diagrama de la figura 1 muestra una línea adicional con una válvula de seguridad en la bomba aspirante. Si esa válvula no está cerrada, se podría transferir junto con A otro componente. Esto

da origen a los posibles efectos de ese componente por sí solo o como un disolvente inerte de A.

- ii) La transferencia de A a alguna parte además de su transferencia al reactor. La inspección del diagrama muestra que esto es posible. Podría, por ejemplo, ascender por la tubería de la parte aspirante de la bomba
- iii) La realización de otra actividad conjuntamente con la transferencia. Por ejemplo, ¿puede A hervir o descomponerse en las tuberías o en la bomba?

La otra desviación conexa es la que se produce cuando la finalidad o intención del diseño se ha realizado de manera incompleta. Las palabras-guía son *PARTE DE* y la desviación *PARTE DE LA TRANSFERENCIA A*. Esto puede significar.

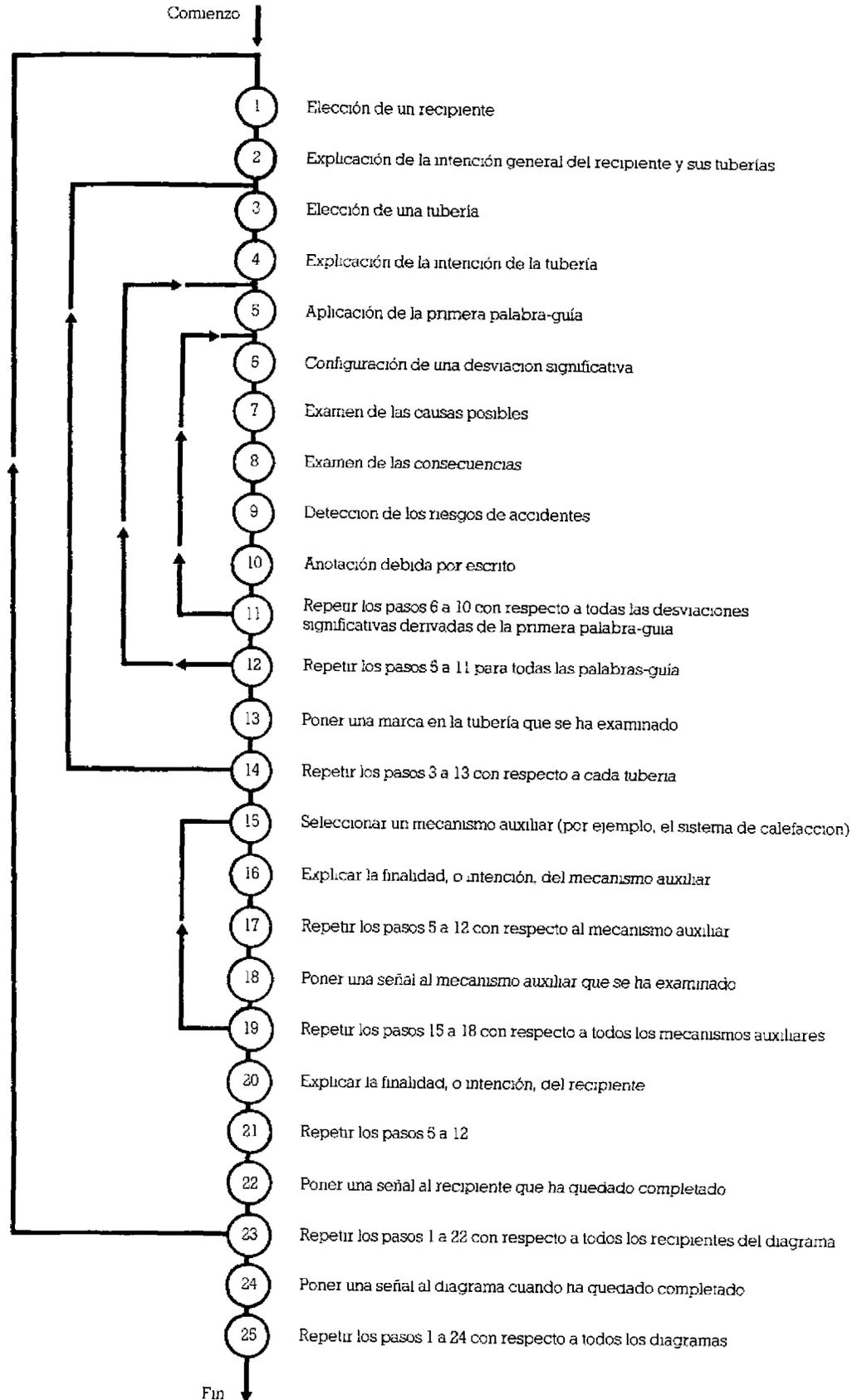
- i) Que falta un componente de A. En este caso, es necesario conocer la composición de A para evaluar los efectos del componente faltante.
- ii) La omisión de uno o más reactores, si la bomba impele A hacia más de un reactor

Las dos desviaciones finales son también cualitativas, pero no se conserva ninguna de las finalidades del diseño original. La primera de ellas se opone a la finalidad o intención del diseño. La palabra-guía es *INVERTIDA* y la desviación *TRANSFERENCIA INVERTIDA DE A*. Esto significa una corriente que regresa desde el reactor a través de la bomba. Se examina el diagrama para ver si esto es posible y se evalúan las consecuencias

Por último, existe la sustitución absoluta de la finalidad del diseño por otra. Las palabras-guía son *DISTINTA DE* y la desviación es *TRANSFERENCIA DISTINTA DE A*. Esto puede significar.

- i) La transferencia de un material diferente. Se examina el diagrama para ver si esto es posible. La sustitución puede producirse de diferentes formas. Por ejemplo, se puede suministrar el material erróneo o admitirse otro material a través de la pieza T en la parte aspirante de la bomba. Se debe reunir información sobre los materiales posibles y sus efectos
- ii) Un cambio del destino implícito, es decir, la transferencia de A a alguna parte distinta del reactor. La inspección del diagrama muestra que esto puede suceder a través de la pieza T
- iii) Un cambio en la naturaleza de la actividad. Por ejemplo, ¿puede solidificarse A, en lugar de que sea transferido?

**Figura 2. Secuencia detallada del examen**



## 2.4. Otros consejos sobre el empleo de las palabras-guía

En la sección anterior se han presentado las palabras-guía como un conjunto de palabras estándar que se pueden aplicar a las finalidades del diseño con el fin de obtener desviaciones hipotéticas. Su valor y aplicabilidad dependen de las finalidades a las que se aplican y de los modos posibles de desviación de esas finalidades.

Cuando se usan con respecto a finalidades amplias, son todas aplicables. Pueden también aplicarse en el nivel detallado de palabras o frases descriptivas. Sin embargo, cuando se aplican a finalidades expresadas de manera muy pormenorizada, pueden resultar necesarias algunas restricciones e incluso algunas modificaciones.

Cuando se aplican a una actividad como REACCIONAR o TRANSFERIR, es habitual que todas las palabras-guía engendren desviaciones conceptuales inteligibles. A veces una palabra-guía generará más de una desviación. Análogamente, cuando se aplican a sustancias, todas las palabras-guía, con la posible excepción de INVERSION, serán inteligibles. En este caso igualmente se puede producir más de una desviación. Por ejemplo, MAS VAPOR puede significar una mayor cantidad o velocidad del vapor (un aumento de la capacidad) o vapor a una mayor presión (un aumento de la intensidad).

Al abordar un nivel más detallado de la finalidad o intención del diseño, se tropezará con ciertas

restricciones debido a que los modos posibles de desviación se reducen. Por ejemplo, supongamos que se está estudiando la intención del diseño para una temperatura de 100 °C. Las únicas formas posibles de desviación (si no tenemos en cuenta el 0 absoluto) son MAS, es decir, por encima de 100 °C, y MENOS, es decir, por debajo de 100 °C.

Cuando se aplican las palabras-guía a los aspectos temporales, MAS y MENOS pueden significar una duración mayor y menor o frecuencias mayores y menores. Sin embargo, cuando se aborda la secuencia o el tiempo absoluto, las palabras-guía adicionales MAS PRONTO o MAS TARDE dan una idea más clara que DISTINTO DE. Análogamente, cuando se analiza la situación, las fuentes o el destino, EN OTRAS PARTES es más útil que DISTINTO DE. En este caso, SUPERIOR e INFERIOR aportarán una mayor significación que MAS y MENOS con respecto a las desviaciones de la elevación.

Cuando se estudia la finalidad de un diseño que entraña una especificación compleja de temperaturas, coeficientes, composición, presiones, etc., puede ser preferible aplicar toda la secuencia de las palabras-guía a cada elemento individualmente, en lugar de aplicar cada palabra-guía a todo el conjunto de la especificación. Por otro lado, al aplicar palabras-guía a una frase puede ser más útil aplicar la secuencia de las palabras-guía a cada palabra o frase por separado, comenzado con la parte esencial que describe la actividad.

### Cuadro 1. Lista de palabras-guía

Las palabras-guía se aplican a la finalidad o intención del diseño. La finalidad del diseño nos indica qué se espera que *haga* el equipo

Palabras-guía	Significado	Observaciones
NO	La negación completa de las finalidades	No se logran, ni siquiera en parte, las finalidades, pero no sucede nada más
MAS MENOS	Aumentos o disminuciones cuantitativos	Estas palabras se refieren a las cantidades + propiedades como las velocidades de la corriente y las temperaturas, y actividades como «CALENTAR» y «REACCIONAR»
ASI COMO	Aumento cualitativo	Todas las finalidades del diseño y del funcionamiento se logran junto con alguna actividad adicional
PARTE DE	Disminución cualitativa	Sólo se alcanza alguna de las finalidades, otras no
INVERSION	La oposición lógica de la finalidad	Esto se aplica sobre todo a actividades, por ejemplo la inversión de la corriente o de la reacción química. Puede también aplicarse a sustancias, por ejemplo «VENENO» en lugar de «ANTIDOTO» o isómeros ópticos «D» en lugar de «L»
DISTINTO DE	Sustitución completa	No se consigue, ni siquiera en parte, la finalidad original. Sucede algo totalmente diferente

### 3. El procedimiento de estudio

Los principios descritos en el capítulo anterior se ponen en práctica en un procedimiento que consta de las etapas siguientes

- i) definición de los objetivos y el alcance,
- ii) selección del equipo;
- iii) preparación del estudio;
- iv) realización del examen;
- v) actividades de seguimiento;
- vi) registro de los resultados.

A continuación se examinan cada una de estas etapas de manera más detallada.

#### 3.1. Definición de los objetivos

Los objetivos y el alcance de un estudio se deben indicar lo más explícitamente posible. Entre las razones para efectuar un estudio cabe mencionar las siguientes.

- i) verificar un diseño;
- ii) decidir si se ha de construir y dónde se hará (pero véase también la sección 4.1);
- iii) decidir si se ha de comprar una pieza de equipo,
- iv) obtener una lista de cuestiones que se han de plantear al abastecedor;
- v) verificar las instrucciones del funcionamiento,
- vi) mejorar la seguridad de las instalaciones existentes.

Es también necesario determinar los tipos de riesgo que se han de tomar en consideración, por ejemplo.

- i) para las personas que trabajan en una planta,
- ii) para la planta y el equipo,
- iii) para la calidad del producto y debido a ésta,
- iv) para el público en general,
- v) para el medio ambiente.

Habrá que determinar los límites físicos de la planta que se va a estudiar y si se deben incluir las interacciones con unidades o edificios próximos. Es preciso especificar cualquier limitación de tiempo o financiera. Asimismo, es necesario indicar si algunos aspectos, como los relacionados con la ingeniería civil o la química, se pueden dar por sentados y excluir de modo deliberado.

Los objetivos generales de un estudio suelen ser indicados por la persona responsable del proyecto de la planta; por ejemplo, el director del proyecto, el ingeniero del proyecto o el director de la fábrica. Normalmente, para efectuar esa determinación, éste

cuenta con la asistencia de un jefe de estudio (véase 3.2) El estudio lo realizará un equipo y se ha de decidir el grado de autoridad que se otorgará a ese equipo. La determinación es mucho más fácil si el director tiene un conocimiento del planteamiento, en el apéndice 5 se examinan los cursos de capacitación para el personal directivo.

#### 3.2. Composición del equipo

Los estudios sobre los riesgos relacionados con el funcionamiento corren normalmente a cargo de equipos multidisciplinarios. Los miembros de esos equipos pueden ser de dos tipos los que hacen la aportación técnica y los que desempeñan un papel de apoyo y de estructuración.

##### *Miembros técnicos de los equipos*

El examen exige que el equipo tenga un conocimiento detallado de la manera en que se tiene intención que funcione la planta. Esto significa la cooperación entre los que se preocupan por el diseño de la planta y los encargados de su funcionamiento. La técnica del empleo de las palabras-guía da origen a numerosas cuestiones. Para la mayor parte de los fines, es esencial que el equipo esté constituido por el número de personas dotadas de conocimientos y experiencias suficientes que haga falta para responder a la mayoría de las preguntas que se formulen sin recurrir a otros expertos.

A título de ejemplo, para el examen de una pequeña planta de productos químicos típica se requeriría un equipo constituido por un miembro de cada una de las categorías siguientes

Ingeniero mecánico  
Ingeniero químico  
Químico de investigación y desarrollo  
Director de producción  
Director de proyecto responsable del proyecto en conjunto

Este grupo debe disponer de los conocimientos especializados suficientes a fin de aportar la técnica necesaria. Además, si algunos miembros del equipo tienen al mismo tiempo cierta responsabilidad con respecto al diseño de una planta, estarán motivados de manera particular para producir un diseño atinado y un procedimiento de funcionamiento seguro. Normalmente, los miembros del equipo tendrán la autoridad necesaria para efectuar cambios. La combinación de disciplinas

variará según el tipo de proyecto. Algunos proyectos requerirán la inclusión de diferentes disciplinas, como

Ingeniería de instrumentos y eléctrica  
Ingeniería civil  
Farmacia, etc

El equipo no debe ser demasiado grande, sino que debe contar, idealmente, con tres a cinco miembros técnicos. Si un estudio parece requerir un gran número de personas, vale la pena tratar de dividirlo en varias partes separadas con cierta variación de la composición del equipo, respecto de cada parte.

La capacitación de los miembros del equipo se examina en el apéndice 5

### **Miembros de apoyo del equipo**

Como las reuniones de examen están sumamente estructuradas y son muy sistemáticas, es necesario que alguien controle el debate. Llamaremos a esta persona el «jefe del estudio».

El jefe del estudio tiene un papel que desempeñar a lo largo de toda su duración. Debe ayudar a la persona que ha encargado el estudio a definir su alcance. Puede contribuir a la selección y formación del equipo. Asesorará a la reunión acerca de los datos necesarios y puede prestar asistencia para que se dé a éstos la forma adecuada. Sin embargo, su función más evidente surge durante las reuniones de examen, en las que dirige las preguntas de manera sistemática, para lo que debe estar debidamente adiestrado. No es aconsejable que tenga que hacer una aportación técnica importante. De ser posible, no debe haber estado estrechamente relacionado con el tema del estudio, ya que existe el peligro de que se originen puntos débiles y se deje de utilizar la técnica en forma objetiva. Con todo, debe tener un conocimiento técnico suficiente para comprender y controlar las deliberaciones del equipo. En el apéndice 5 se examinan las características y formación que necesita.

Además del jefe del estudio, a veces es conveniente contar con otro miembro de apoyo del equipo para que anote los riesgos a medida que se detectan. A esta persona se le da el nombre de «secretario» o «amanuense» del estudio. Quizás parezca excesivo emplear a dos personas en una función de apoyo. No obstante, la experiencia indica que este arreglo aumenta considerablemente el ritmo de trabajo del equipo en conjunto. Es mejor emplear a siete personas durante dos días que a seis personas durante cuatro días para

efectuar un estudio determinado. La capacitación de los secretarios se examina asimismo en el apéndice 5.

### **La actitud de los miembros del equipo**

Es imperativo que el equipo en conjunto tenga una actitud positiva y constructiva con respecto al estudio, ya que su éxito depende en última instancia de las ideas innovadoras de sus miembros.

Esta actitud positiva debe promoverse desde la etapa de la definición en adelante. Una formación adecuada sirve de gran ayuda y debe crear un clima en el que los miembros del equipo estén deseosos de iniciar el estudio. A veces, durante las reuniones de examen algunos miembros del equipo consideran el método aburrido, pero un equipo bien dirigido obtiene al final de cuentas considerable satisfacción de su trabajo de diseño cuando es objeto de tal análisis cabal.

### **3.3. Trabajo preparatorio**

La cuantía de trabajo preparatorio requerido depende de la dimensión y complejidad de la planta. En el caso más simple, un grupo de personas pueden trabajar juntas durante un par de horas sobre un diagrama sencillo y completar un estudio. En general, hace falta más preparación. El trabajo preparatorio consta de cuatro etapas:

- i) obtener los datos;
- ii) dar a los datos una forma adecuada;
- iii) planificar la secuencia del estudio;
- iv) organizar las reuniones necesarias.

Por lo general, los datos constan de varios diseños en forma de diagramas lineales, diagramas de fabricación, planos de disposición de la fábrica, líneas isométricas y dibujos de fabricación. Además, puede haber instrucciones de funcionamiento, diagramas de control de la secuencia de los instrumentos, diagramas lógicos y programas de computadora. A veces hay manuales de la planta y manuales de los fabricantes del equipo.

Deben comprobarse los datos a fin de asegurarse de que son lo suficientemente completos para abarcar el área definida de estudio, y se debe resolver cualquier discrepancia o ambigüedad en ellos. La cantidad de trabajo requerida para dar a los datos una forma adecuada y planificar la secuencia del estudio varía según el tipo de planta.

En las plantas de funcionamiento continuo, el trabajo preparatorio es mínimo. Los diagramas de fabricación o los diagramas de tuberías e instrumentos existentes