

Diseño, Simulación, Optimización y Seguridad de Procesos (DSOySP) 2024

Profesor: Dr. Nicolás J. Scenna
Profesor: Dr. Néstor Rodríguez
JTP: Dr. Juan I. Manassaldi
Aux Constanza Morbidoni

Se incorporan nuevos temas en la asignatura DSOySP (análisis de riesgos y operabilidad de procesos). El nuevo material se aloja en el sitio web de la asignatura.

Diseño, Simulación, Optimización y Seguridad de Procesos.

Parte I:

Tecnología, Ingeniería Química e introducción a la Ingeniería de Procesos.

Parte II:

**Ingeniería de Procesos, el Problema de Diseño de Procesos.
Características generales**

Parte III:

Análisis de Riesgos. Identificación y Evaluación de Consecuencias.

Parte IV:

**Ciclo Falla – Reparación – Falla. Relaciones Probabilísticas.
Confiabilidad y Disponibilidad de Procesos.**

Conceptos básicos que se desarrollan en la asignatura

Ingeniería de Procesos.

Síntesis, Simulación y Optimización

Diseño de Procesos

Operación de Procesos



- Análisis de Riesgos (AR)
- Diseño Seguro de Procesos
- Operación segura de los Procesos

Cuestiones Fundamentales de la Asignatura: ¿Que es el análisis de Riesgos -AR- y cual es su utilidad ?

¿Porqué se deben Aplicar Métodos de Análisis de Riesgos (AR)?

¿Cuál es la Relación del AR con la Ingeniería de Procesos -o sea, la relación del AR con el diseño, síntesis, simulación, optimización y la operabilidad de los procesos?



- **Todo sistema o proceso puede fallar, entendiendo esto como: “la imposibilidad de cumplir parcial o totalmente con los objetivos de diseño”.**
- Toda falla tiene **causas y consecuencias.**
- **Posibles consecuencias de las fallas son: incendios, explosiones, liberación de tóxicos, entre otras.**
- ***También pueden generar daños diversos sobre:***
 - ✓ ***La producción (parada parcial o total de la planta).***
 - ✓ ***Los bienes de la planta y de alrededores: infraestructura destruida, equipamientos, edificios, depósitos.***
 - ✓ ***Daño a los trabajadores o a la población en general.***
 - ✓ ***Sobre el medio ambiente.***
 - ✓ ***Sobre la imagen de la empresa.***
 - ✓ ***Otros.***

Relaciones entre el Análisis de Riesgos y el Diseño y la Operabilidad de los Procesos

- Mencionamos que toda falla tiene sus **causas**.
- Estas pueden ser inherentes a **yerros en el diseño** (en cualquier etapa: conceptual, ing. básica, de detalle, en el montaje de la planta, defectos en los equipos).
- Y por último, **durante su operación**:
 - ✓ Tipos de **fallas durante la operación** de procesos (operaciones): por error humano, procedimientos erróneos, falta de mantenimiento, entre otros.
 - ✓ **Fallas en los instrumentos**: en sistemas de control, en los servicios –agua de enfriamiento, vapor, aire o interés para los instrumentos, entre otros.
 - ✓ **Por causas naturales**: anegamiento, rayos, terremotos, huracanes.
 - ✓ Otras.

Fábrica de Óxido de Etileno en Tarragona, 2020



Explosión y posterior incendio en las unidades cercanas
(Efecto dominó)

Explosión en el puerto de Beirut (2020)



Puerto Aqaba - Jordania, 27 de junio 2022– 13 muertos y más de 260 heridos



DISPERSIÓN DE TÓXICOS

ENFOQUE INTEGRAL:

- *La Ingeniería Sistémica de Procesos (Process System Engineering) es un enfoque moderno que comprende:*

EL DISEÑO SEGURO

- *Síntesis: métodos para optimizar la estructura óptima (flowsheet-diagrama de flujo) de un proceso seguro*
- *Simulación. Dados el diagrama de flujo, equipos, condiciones de operación, emular el comportamiento del proceso.*
- *Optimización. De todas las alternativas posibles, hallar la óptima, definiendo la función objetivo.*

Y LA OPERACIÓN SEGURA DE PROCESOS

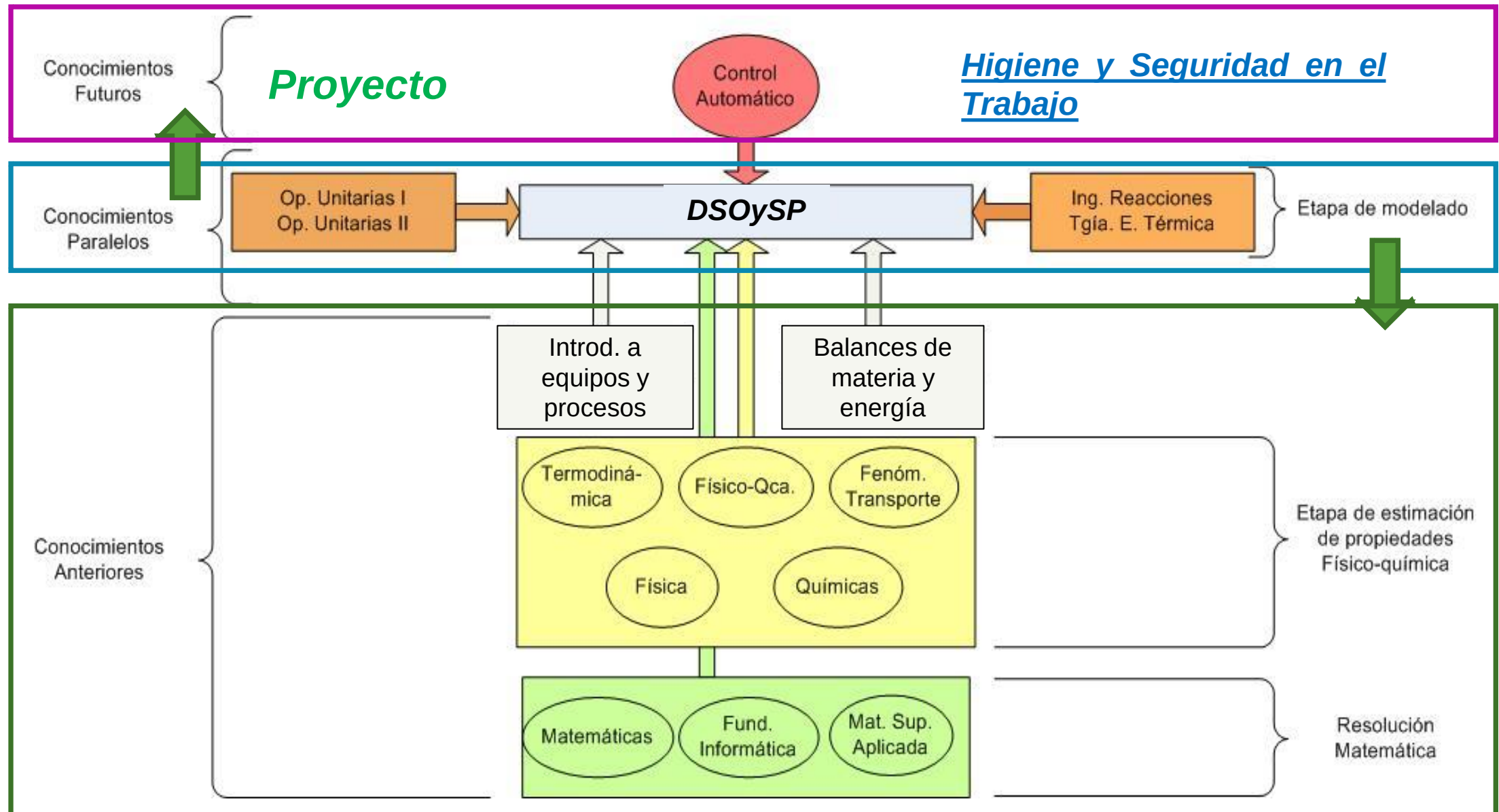
-PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

-SEGURIDAD DE PROCESOS

-DISEÑO Y OPERACIÓN SEGURA DE LOS PROCESOS

Además de Control y Proyecto, Higiene y Seguridad en el Trabajo

Es necesario integrar los conocimientos adquiridos previamente y otros impartidos en paralelo con el dictado de esta asignatura.



¿PERO, COMO SE INTEGRA CONCEPTUALMENTE Y PRACTICAMENTE EL AR CON EL DISEÑO (síntesis, simulación y optimización de procesos químicos) ?

- En la 1era parte analizamos el **modelado de procesos** y la **resolución de los modelos resultantes** mediante **métodos computacionales apropiados** creando **sistemas informáticos (simuladores, optimizadores, etc..)** que **facilitan el desarrollo de la tarea del Ingeniero de Procesos (diseño).**
- **PARA RELACIONAR EL ANALISIS DE RIESGOS CON LAS ETAPAS DE DISEÑO Y CON LA OPERACIÓN DE PROCESOS, DEBEMOS PRIMERO COMPRENDER CONCEPTUALMENTE LOS PRINCIPIOS Y DEFINICIONES BÁSICAS DEL MISMO.**

Con lo expuesto hasta aquí, ya podemos relacionar ciertos aspectos del AR con lo visto en la primera parte de la asignatura

- ***El AR se realiza en todas las etapas de diseño, desde la concepción misma de la idea.... Hasta el desmontaje final de la planta, que es su final de vida útil...***
- ***Cada componente/parte/sector del proceso debe ser analizado..***
- ***Se debe disponer de los datos necesarios en cada etapa, entre ellos, los planos correspondientes, los procedimientos operativos, los servicios necesarios, etc...***

Vimos que existen numerosos procesos industriales. No todos son fáciles de simular, y se dispone de diversos tipos de simuladores según sus características. NO OBSTANTE, A TODOS DEBE APLICARSE EL AR; SI BIEN CON DISTINTAS ESTRATEGIAS O DENOMINACIONES, SEGÚN SUS CARÁCTERÍSTICAS

- ***Petroquímica, Sistemas y Procesos de obtención de Energía, biogás, biocombustibles, Procesos metalúrgicos, siderúrgicos (calidad, seguridad, medio ambiente)***
- ***Alimentos, Aceite por extracción/prensado, Procesos de remediación ambiental, Farmoquímica.. Procesos biotecnológicos,.. ..(calidad, seguridad, higiene, salud, medio ambiente)***
- ***Procesos con reacciones nucleares.. Otros.. Requerimientos especializados***

**EL AR SE REALIZA EN TODAS LAS ETAPAS DE DISEÑO,
TAMBIÉN DEL DISEÑO DE LOS PROCEDIMIENTOS, Y POR
ÚLTIMO, DURANTE LA OPERACIÓN DE LA PLANTA**

Diseño de Procesos Industriales

Síntesis, Simulación, Diseño, Optimización

Diseño inherentemente seguro

Ingeniería Conceptual (Diagrama de Flujo)



Ingeniería de Detalle (P+I+D)

Operación de Procesos

Arranque, parada,

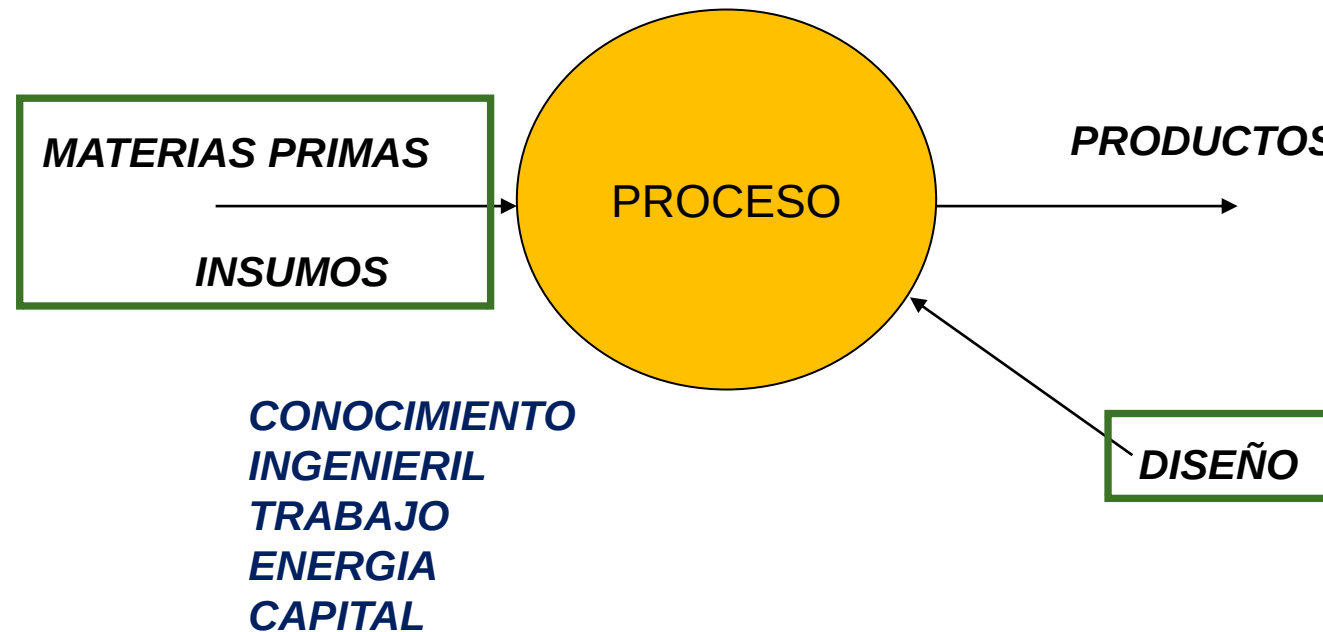
Supervisión del Proceso, Diagnósis de Fallas...

Mantenimiento Basado en Riesgos.

*La causa primaria de la cadena de fallas puede ser simplemente **un error en el diseño, un cambio en el diseño existente, o de un procedimiento operativo...***

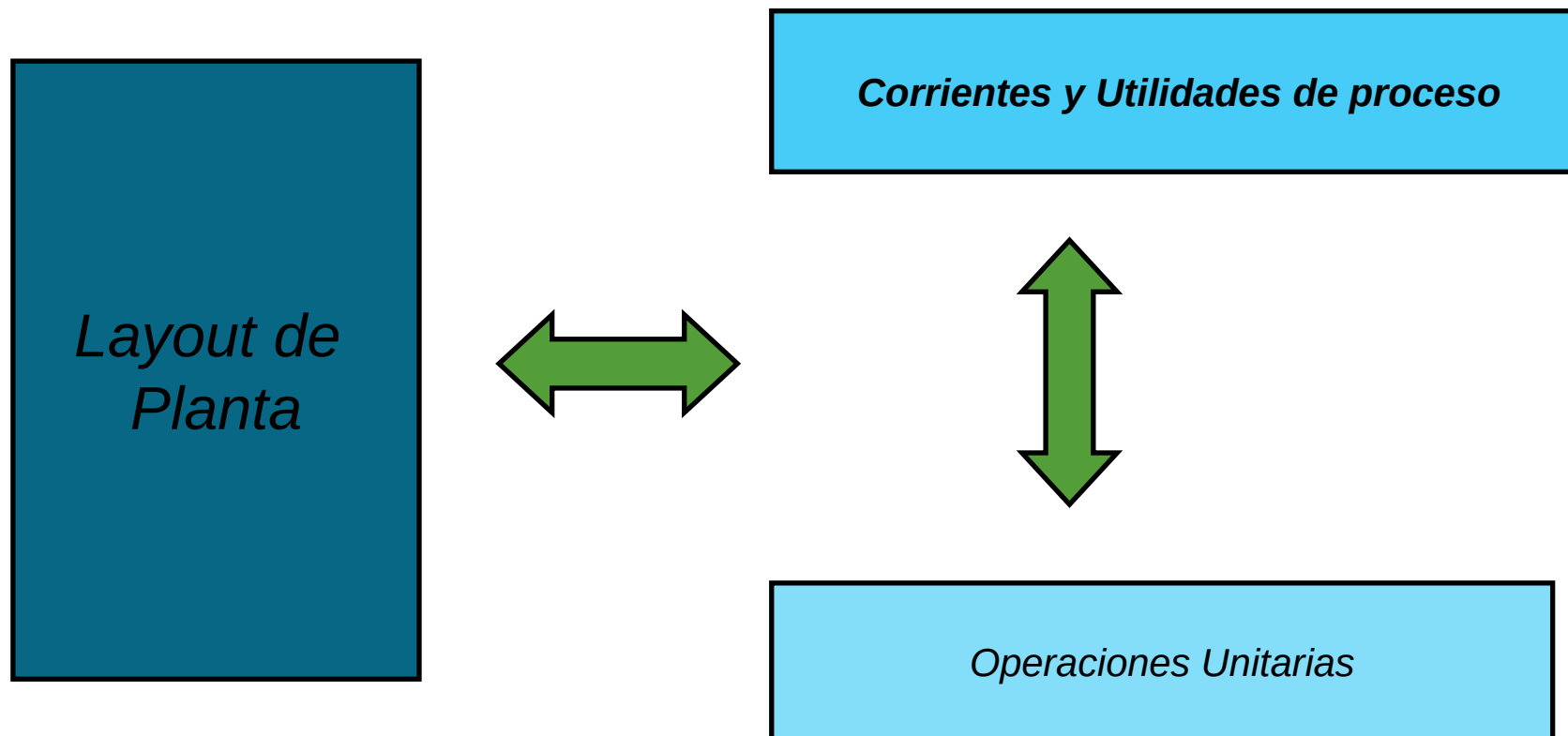


Comentamos que el análisis de Riesgos debe comenzar desde los inicios del proyecto. Desde la concepción o representación esquemática del Proceso.

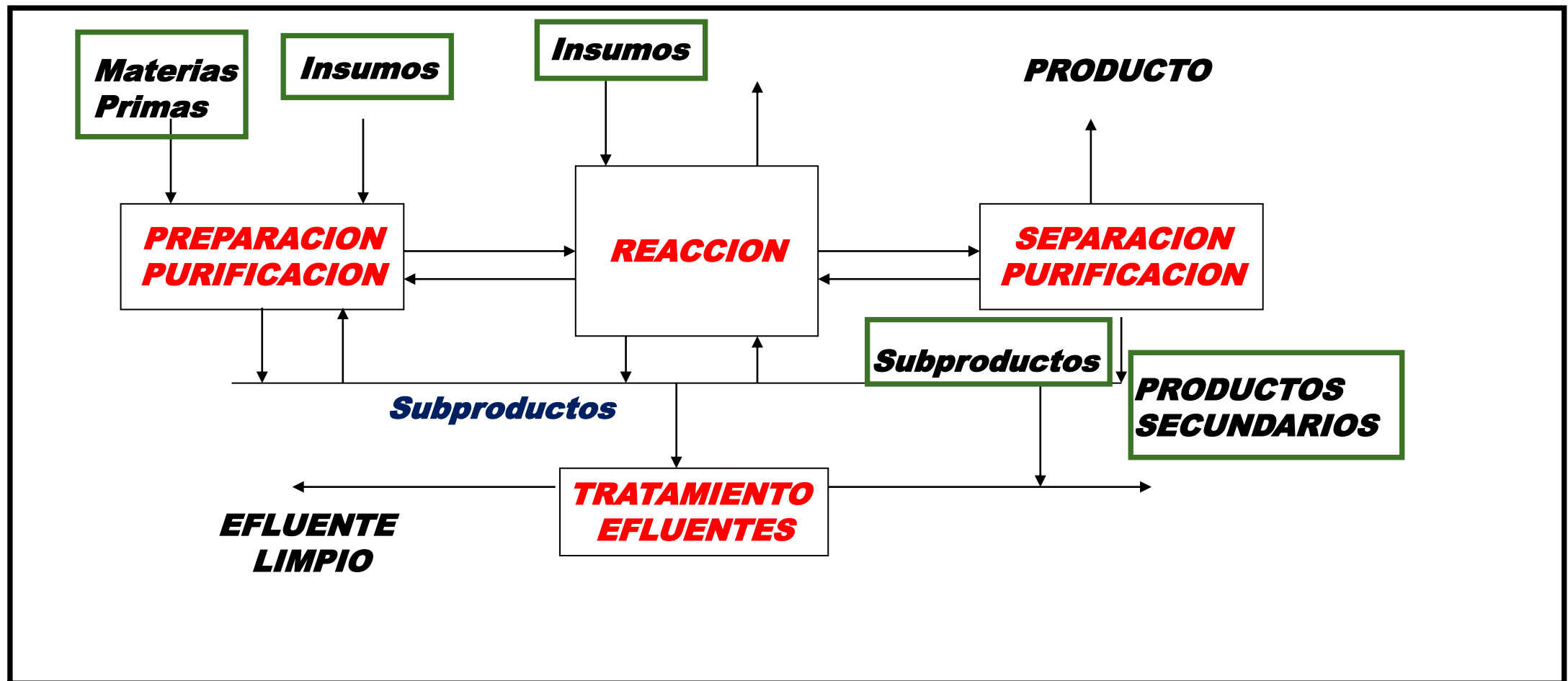


Análisis Sistémico Estructural de los Procesos Continuos. **CUIDADO:** **Cualquier parte o componente del Proceso, al fallar, puede provocar consecuencias catastróficas.**

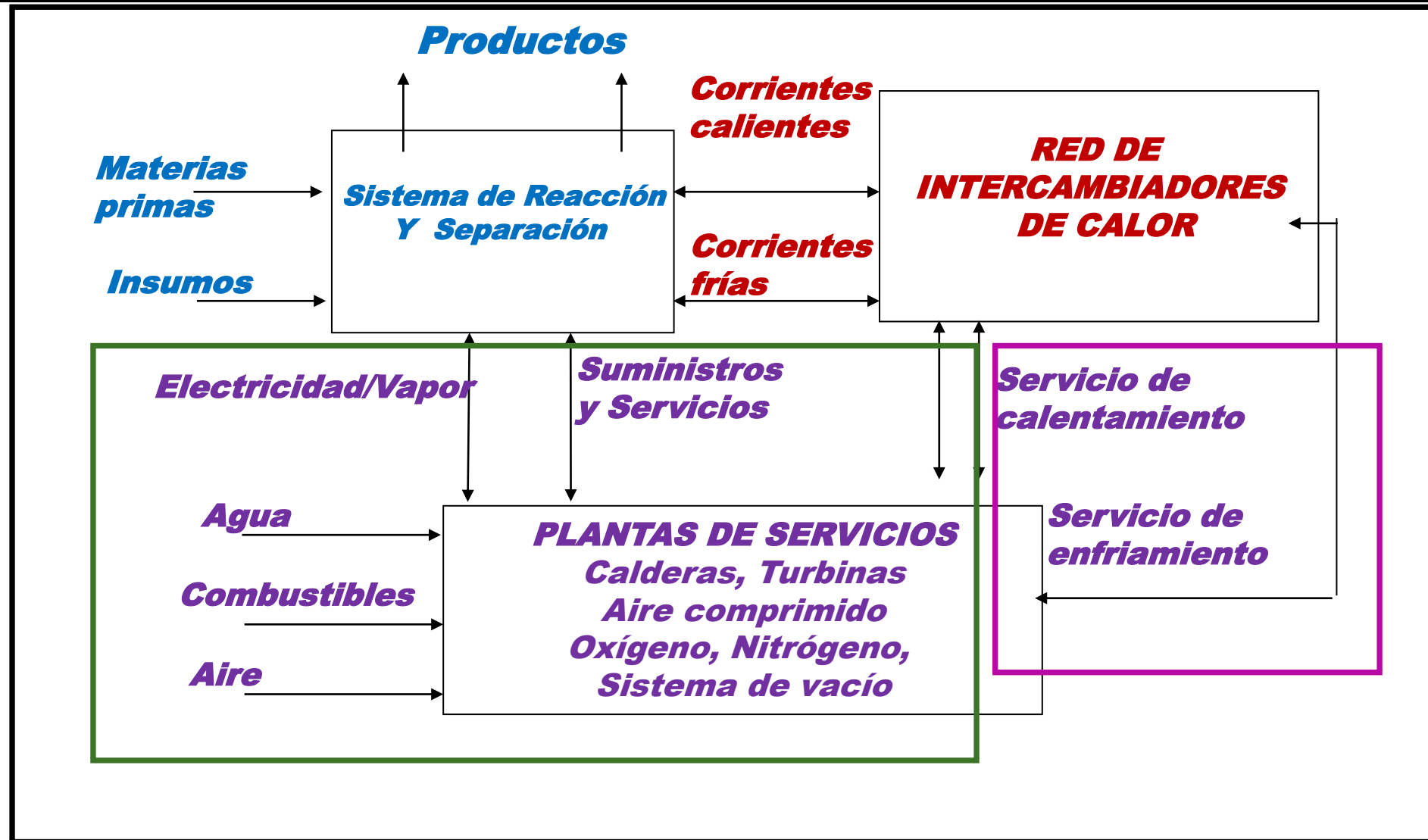
Representación Genérica, Diagrama en Bloques



A medida que se avanza en el diseño, y se complejiza el proceso, lo hace su representación. Y también la identificación de las situaciones de peligro...



Sistema o Proceso Químico. Componentes. Cualquier componente o parte del proceso puede fallar... los servicios, “la naturaleza”..



Fallas típicas: Se interrumpe un servicio por cualquier motivo. Si es agua de enfriamiento (reactor exotérmico?)..Energía Eléctrica?.. Aire de instrumentos?..

Los Servicios, como los otros componentes o bloques, en general son muy numerosos y provienen de otras plantas, o bien se generan (en otro proceso) dentro o fuera del complejo industrial:

- *Agua (de proceso, refrigeración, calderas, limpieza, sanitaria, contra incendio)*
- *Vapor (alta, media o baja presión)*
- *Condensados*
- *Fluidos térmicos (aceite, sales disueltas, otros)*

Si bien con distintas estrategias, TODOS LOS PROCESOS deben analizarse aplicando herramientas de Análisis de Riesgos

- *Debemos diferenciar el tipo de procesos.*
- *Si bien existen características en común para todos ellos, también diferencias importantes. Por ejemplo, ya vimos en la 1ra Parte los Procesos Continuos vs los Procesos Batch.*

Recordamos: Diferencias entre Proceso continuo y Batch

Supongamos un caso genérico, proceso “típico” basado en una reacción química, y separación de productos con reciclo.

Producción de los productos PC y PD,

A partir de la transformación de las materias primas de partida (A y B). La reacción es la indicada en la figura.

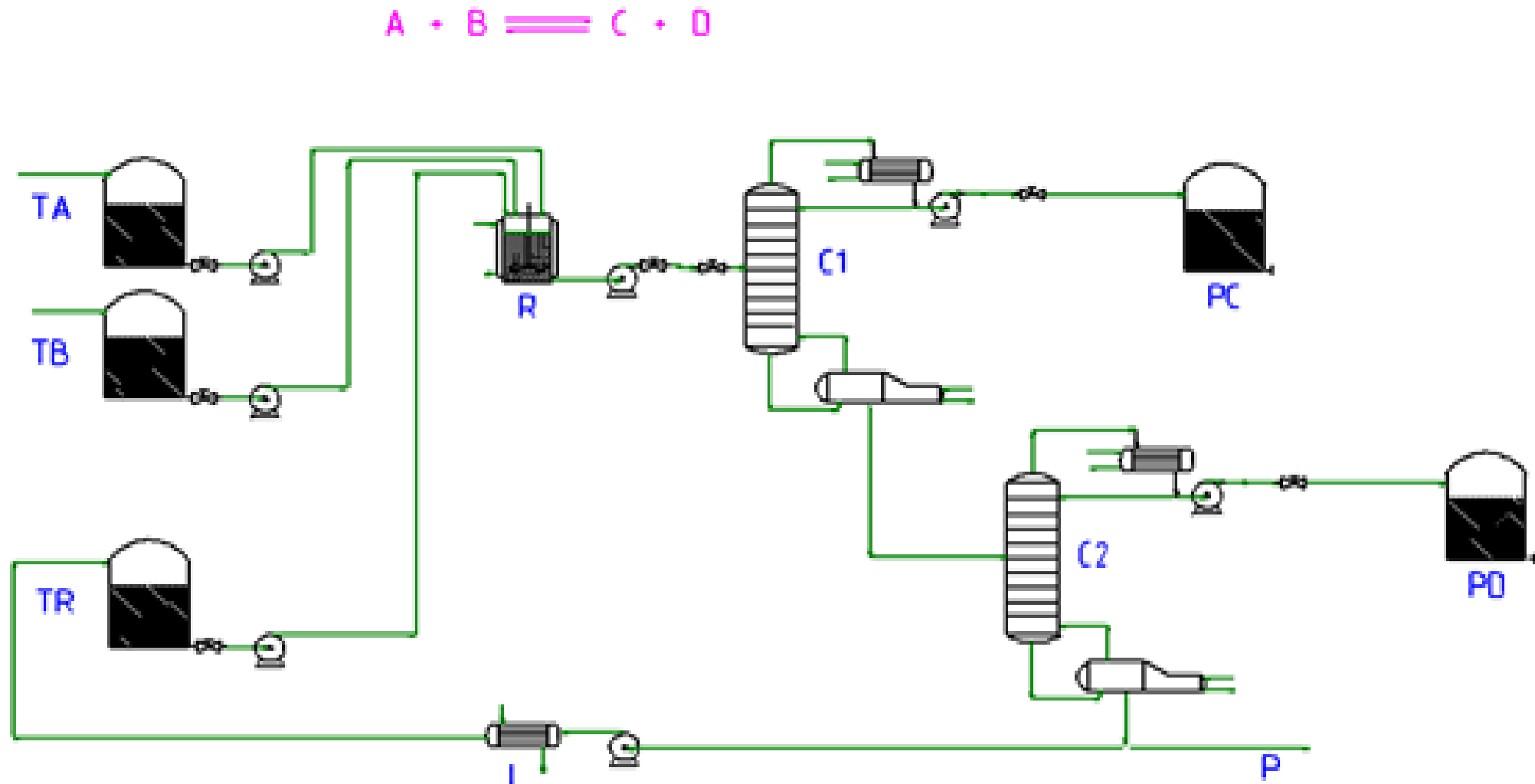
El proceso estacionario propuesto es deducible de modo general con observar el diagrama de flujos, en el cual se indican los recipientes de almacenamiento de los reactantes A y B, las líneas de alimentación al reactor y los elementos de bombeo para A, B, y además para R, el reciclo, que involucra a los reactivos sin reaccionar, dado que la reacción es reversible.

La salida del Reactor R se alimenta al tren de separación, columnas de destilación C1 y C2.

Por el tope de la primera se obtiene el producto C, y la corriente del fondo se alimenta a la columna C2. En ella, por tope se obtiene el producto D, y por fondo la mezcla no reaccionante se recicla al tanque TR y al reactor.

El reciclo es acondicionado térmicamente, previo al depósito en el tanque TR. También se indica una corriente de purga, para evitar la acumulación de inertes en el proceso (P).

Proceso Continuo (estado estacionario. Pero, ¿el arranque y parada?)

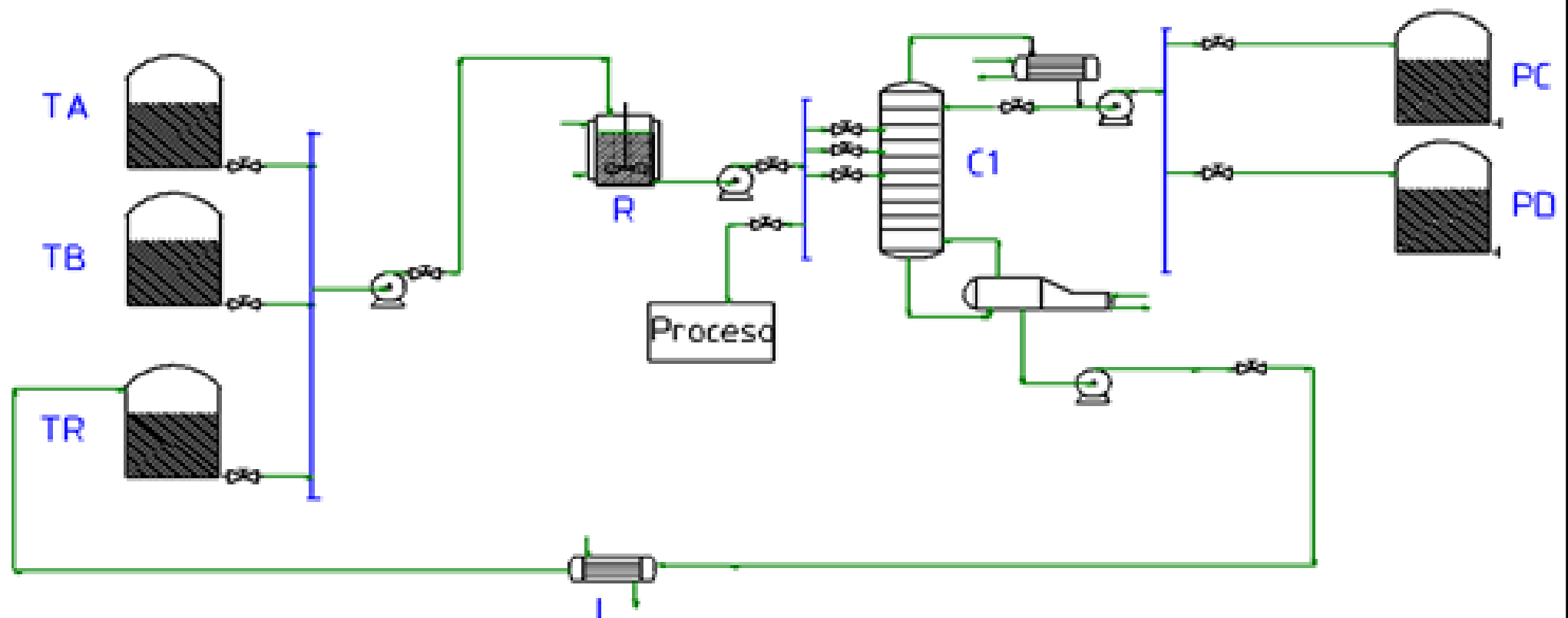


Diferencias entre Proceso continuo y Batch

Nos preguntamos: Cómo sería el mismo proceso, en modo Batch?

Se realiza (cada operación o etapa de procesamiento) secuencialmente, según una receta de producción dada....

Proceso Batch



Distintos modos de operación

- *Además de las diferencias ya vistas tanto en el diseño como en la operación,*
- *Cuales serán las diferencias desde el punto de vista del análisis de Riesgos?*
- *Muchas. Por ejemplo, analizando el diagrama de Gant se observa el contrapunto entre ahorros económicos, dificultad operativa, Y MAYOR PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE FALLAS...*

Diagrama de Gant (secuencia temporal de tareas)

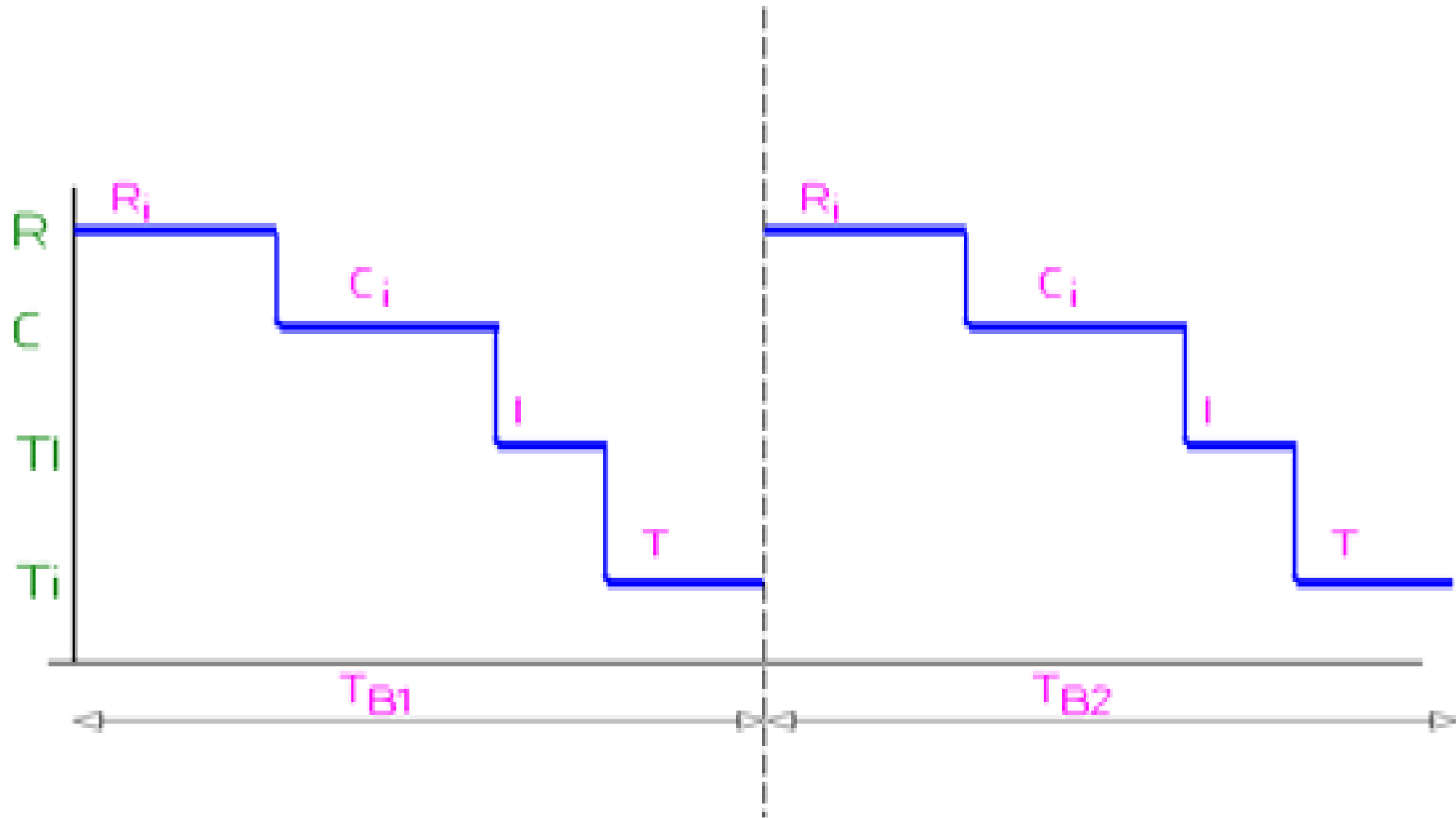


Diagrama de Gant (secuencia temporal de tareas)

Vimos que reducir el tiempo de ciclado mediante el solapamiento entre etapas o tareas, trae aparejado la complejización operativa

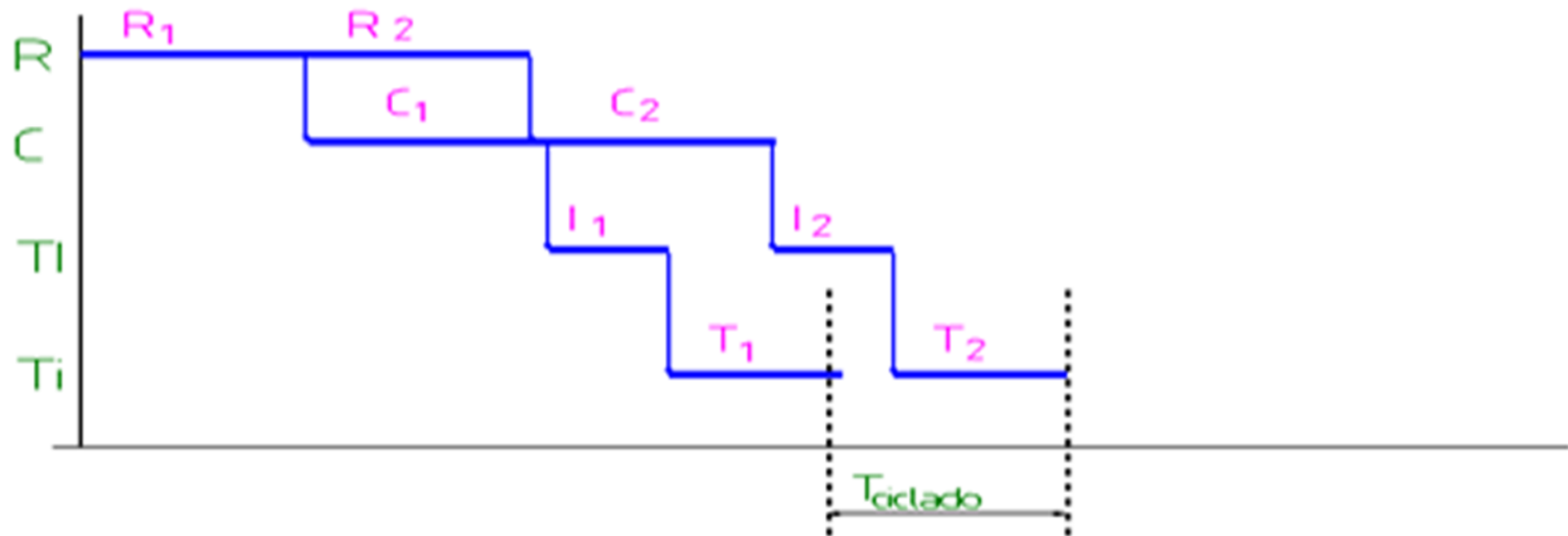
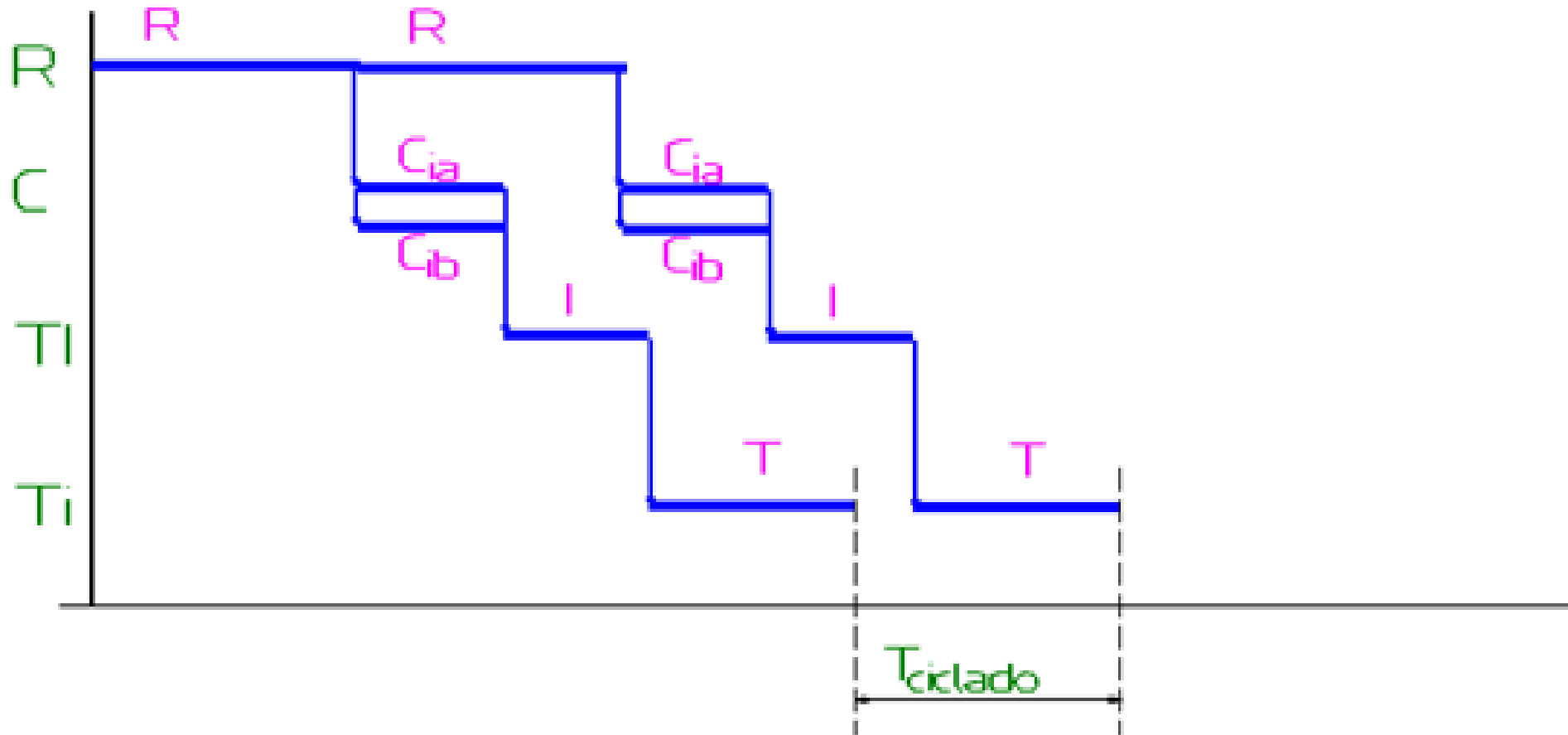


Diagrama de Gant (secuencia temporal de tareas)

Dividir en 2 etapas en paralelo la operación de destilación implica que en la planta debe de haber disponible una nueva columna. Se reduce el tiempo, pero se utilizan más equipos, y etapas de operación...



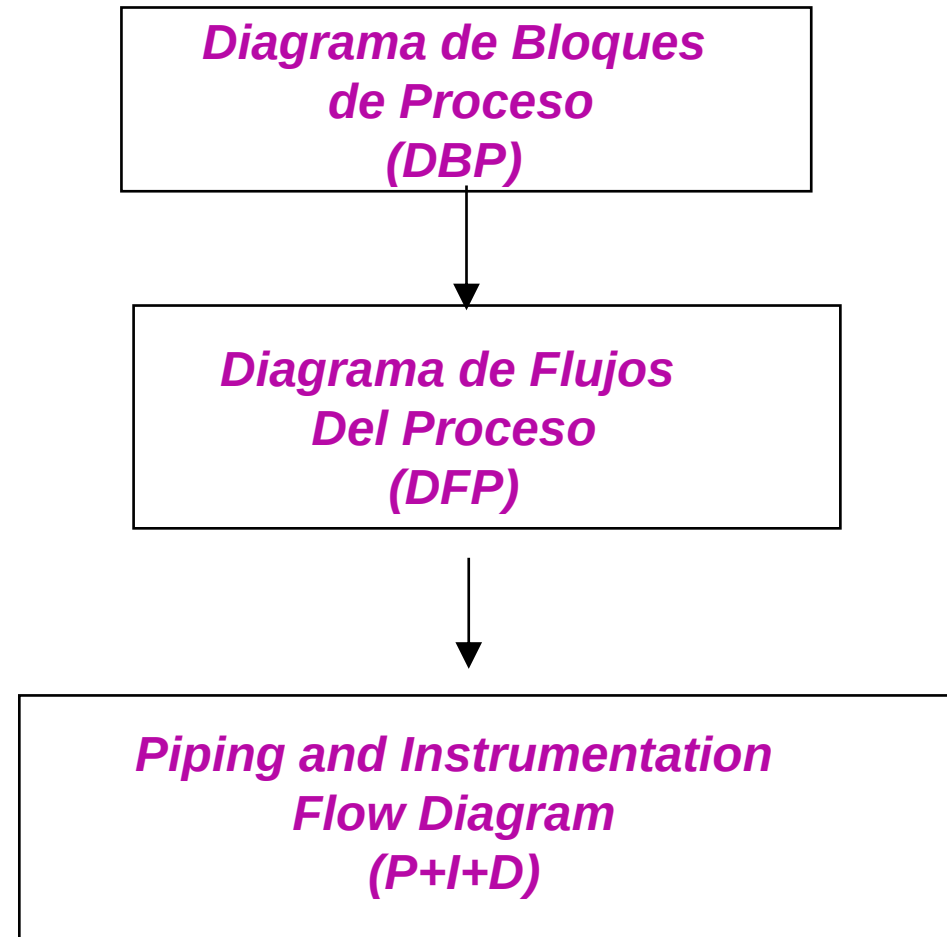
Diferencias Batch vs Continuo desde el punto de vista del análisis de Riesgos

- ***En los procesos Batch, a más complejidad (desde los monoproducto a los multipropósito-multiproducto), el proceso resulta más peligroso (una mayor frecuencia de fallas potenciales).***
- ***Idem con la operación de procesos continuos vs la operación de arranques y/o paradas....***
- ***El Error humano es siempre importante. Cuanto más complejos los procedimientos operativos, mayores peligros asociados. Se le agrega una mayor variación de productos y/o procedimientos a lo largo del tiempo; en comparación con los procesos estacionarios, generalmente “regulares” -con pocas variaciones operativas- ...***

Los planos /el punto de partida

- *En las primeras etapas del diseño, los planos son esquemáticos (a lo sumo Diagrama en Bloques).*
- *Si bien se puede (y se debe) realizar estudios de riesgos en todas las etapas del diseño, es muy importante la etapa en la cual el AR contemple toda la información disponible del diseño (P+I+D) y sus distintos manuales descriptivos... incluyendo los sistemas/manuales de operación y de supervisión del proceso (operaciones)*

Etapas del diseño y los planos asociados para realizar el AR. Obviamente los métodos, la profundidad y la información necesaria serán diferentes. En las primeras etapas, el AR es preliminar.



¿Qué es el P+I+D?

Los P+I+D representan la última etapa del diseño de procesos

SE DEBE COMENZAR CON EL DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO COMPLETO Y APROBADO

Los P & ID's son documentos claves para la construcción y operación de un proceso

Un proceso no puede ser construido y operado adecuadamente sin disponer de correctos P & ID's

Fuente indispensable para el AR.

Además de los manuals operativos, para el arranque, la operación de rutina, el mantenimiento...

DIAGRAMA (P & ID) o bien P+I+D

P&ID: Piping and Instrumentation Diagram: ES FUNDAMENTAL E INSUMO BÁSICO PARA CUALQUIER ANALISIS DE RIESGOS EXHAUSTIVO

El P+I+D (diagrama de tuberías e instrumentación o P&ID) incluye el diagrama de proceso, todas las tuberías y sus características, la instrumentación y sistemas de seguridad, las corrientes y componentes, servicios y energías involucradas, entre otros aspectos del proceso.

Por otra parte, los Planos de Layout son muy importantes, para conocer las posiciones relativas de cada sector del proceso, piping, edificios internos, y los alrededores...

Ejemplo de un P+I+D

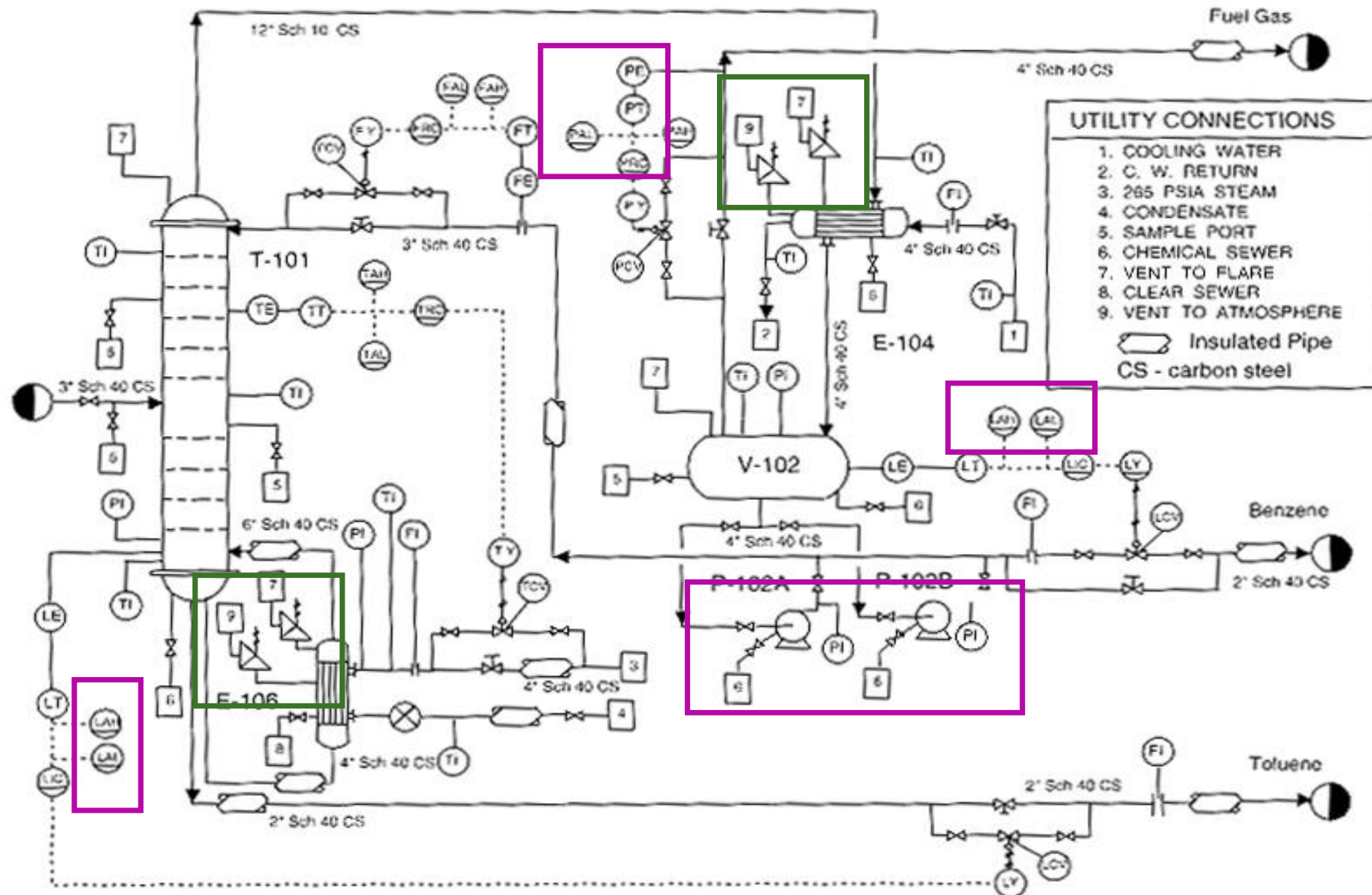


Figure 1.7 Preliminary piping and instrumentation diagram for benzene distillation. (Adapted from Kauffman, D., *Flow Sheets and Diagrams*, AIChE Modular Instruction, Series G: Design of Equipment, series editor J. Beckman, AIChE, New York, 1986, vol 1, Chapter G.1.5, AIChE copyright, © 1986 AIChE, all rights reserved)

Resumiendo:

- *El AR se realiza desde las primeras ideas hasta la puesta en marcha, durante la operación de la planta, y aún en su desmontaje y disposición final luego de cumplido su “período de vida útil”.*
- *Para realizar cualquier estudio de AR se debe contar con muchos datos. Primordialmente, los planos –según el estadio que estemos analizando durante el ciclo de vida del proyecto-*
- *Además, entre otros, en general, se requieren los procedimientos operativos, los de arranque y parada, los documentos descriptivos del proceso, del sistema instrumentado de control, supervisión y seguridad, el layout, entre otros....*

ANÁLISIS DE RIESGOS. PRINCIPIOS Y DEFINICIONES BASICAS DEL MISMO

NOCIONES BASICAS

Tipos de Modelos Utilizados

Peligro, incidentes, accidentes –HAZARD-

Riesgo (concepto técnico, vs definición “coloquial”) –RISK-

Reliability Engineering (Ingeniería de la Confiabilidad)

Tolerabilidad del Riesgo.

Riesgo Tecnológico, Riesgo Ambiental, Riesgo y Resiliencia al Cambio Climático.

Riesgo Financiero, Riesgo Biológico, Riesgo demográfico, Climático, etc.

RESULTADOS DEL AR. GERENCIAMIENTO DEL RIESGO

El AR es una de las áreas pertenecientes a la Ingeniería de la Confiabilidad

Se realiza para evaluar/asegurar la seguridad de los procesos. Minimizar el riesgo para los trabajadores y sobre el entorno circundante. Especial interés tienen los accidentes catastróficos. Obviamente, se relaciona con la sustentabilidad, y la sostenibilidad de las actividades industriales....

Áreas de la Ingeniería de la Confiabilidad (reliability engineering)

Confiabilidad y Disponibilidad de artefactos y sistemas, mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, higiene y seguridad en los ámbitos de trabajo, AR: identificación de peligros, evaluación de las consecuencias, cuantificación del riesgo tecnológico, ambiental, gerenciamiento y comunicación del riesgo a la población, generación de políticas públicas y normativas

AR: se utilizan Métodos de Análisis Cualitativo y Cuantitativo

**Análisis
Cualitativo**

Métodos para la identificación de los peligros, diagramas causas – consecuencias (árboles de eventos, árboles de fallas).

Modelos para las Relaciones causales y las tendencias temporales de las fallas, tales como Análisis de Tendencias, Métodos para la Supervisión y diagnóstico de fallas en tiempo real, Control Estadístico de procesos,

**Análisis
Cuantitativo**

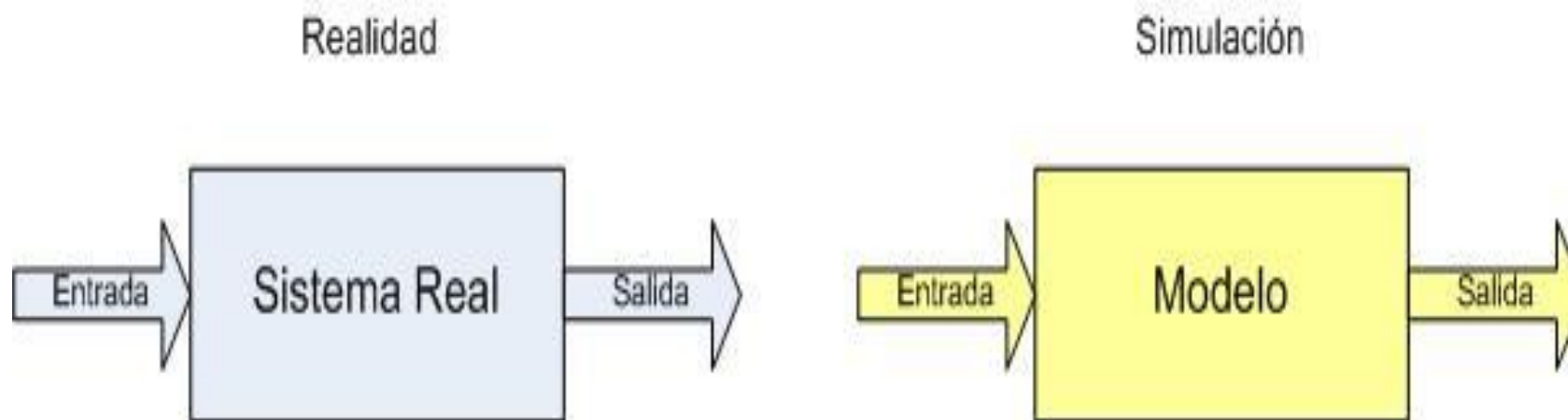
Análisis Cuantitativo de Riesgos, estudios de consecuencias y de vulnerabilidad del entorno

Mediante modelos matemáticos basados en los primeros principios: Resolución de balances de materia, energía y cantidad de movimiento, junto a las ecuaciones de restricción (funcionales y operacionales). Simuladores del proceso en comportamiento anómalo...

¿Simulación de Procesos vs simulación de las consecuencias de los accidentes ?

- La simulación de procesos se basa en una representación/emulación de las operaciones unitarias básicas componentes de los procesos utilizando modelos matemáticos, que básicamente plantean los balances de materia y energía.
- Los modelos que se utilizan en el análisis de riesgos, como veremos más adelante, se basan en la misma estrategia, pero se simulan eventos o situaciones que no han sido consideradas, previstas, o bien esperadas, durante el proyecto de diseño. Es decir, algo anda mal, falla, no funciona según diseño (fuga de tóxico, explosivos, inflamables, etc).
- *Consecuencias típicas: explosión, radiación, exposición a tóxicos, etc....*

Análisis Cuantitativo. Simulación / Simuladores



Cálculo de balances de materia, energía y cantidad de movimiento

Vimos simuladores de procesos químicos. Simulación Estacionaria y Dinámica....

En forma similar, se plantean modelos (en modo de falla, por ejemplo, evaporación y difusión de un gas tóxico).

Simuladores de Proceso

Cada Operación Unitaria se diseña según un modelo adecuado, que “representa” su comportamiento en la realidad; con la eficacia que permita el conjunto de hipótesis adoptado para confeccionar el modelo. No solo los balances, también la estimación de las propiedades fisicoquímicas/termodinámicas, y los fenómenos del proceso específico.

Más exactitud, más complejidad, mayor dificultad de resolución. Los modelos son altamente no lineales, deben aplicarse métodos numéricos.

De la misma manera se simulan procesos de difusión, explosión, incendios de diversa naturaleza, estimando los campos de radiación, sobrepresión y/o concentraciones en la zona de impacto.

Análisis de Riesgos (AR). “Simuladores”

Existen sistemas o software para realizar estudios cuantitativos de análisis de Riesgos.

Se basan en modelos (como los simuladores de procesos) de distintos eventos accidentales.

Con el objetivo de emular (simular) la dinámica y cadena de eventos que llevan a situaciones catastróficas (y evaluar la frecuencia de ocurrencia),

También para estimar/representar las consecuencias sobre el entorno (el campo de concentraciones tóxicas debido a fugas de gases o vapores, de radiación térmica debido a incendios, llamaradas, etc, y del campo de sobrepresiones debido a explosiones....).

Por último, se calcula el Riesgo.

¿Cuándo existe una anomalía, desvío o falla respecto del comportamiento normal del proceso?

- *Se deben monitorear las variables importantes, y realizar un análisis previo mediante la distribución estadística de valores que pueden tomar durante las condiciones normales de variación (operación día, noche, con variabilidad de las alimentaciones o condiciones operativas, etc..)*
- *Dados los parámetros estadísticos (valores medios, desviaciones estándar, etc... se definen la banda de operación normal, la de operación “anormal” y la banda de operación crítica, no deseada, o de alerta.*
- *Superado la banda o límite normal, se incluye en el diseño una alarma, y pasada la segunda banda, el límite crítico, se toman acciones de seguridad (parada, alivios, etc...)*

Para cualquier variable del proceso, un valor fuera de los límites de control es considerado una anomalía, y según su importancia, se alarma. Si supera el límite crítico, se actúa sobre el proceso.

Si el proceso es batch, la curva base o normal ya no es una recta, lo cual complica, ya que los desvíos están asociados a un tiempo de operación..



ANÁLISIS DE RIESGOS. PRINCIPIOS Y DEFINICIONES BASICAS DEL MISMO

NOCIONES BASICAS

Tipos de Modelos Utilizados

Peligro, incidentes, accidentes –HAZARD-

Riesgo (Definición técnica conceptual, vs Coloquial) –RISK-

Reliability Engineering (Ingeniería de la Confiabilidad)

Tolerabilidad del Riesgo.

***Riesgo Tecnológico, Riesgo Ambiental, Riesgo y Resiliencia al
Cambio Climático.***

***Riesgo Financiero, Riesgo Biológico, Riesgo demográfico,
Climático ETC... ETC....***

ANALISIS DE RIEGO. DEFINICIONES ELEMENTALES

Peligro (HAZARD) –que no es igual a riesgo-

Se refiere a las condiciones físicas o químicas inherentes de las cosas, esto es, a un material, a una condición o a una actividad que tiene la potencialidad de provocar daño a la población, a las instalaciones o propiedad y/o al medio ambiente en general.

Vulnerabilidad - Consecuencias

Es una medida del daño que un determinado peligro (que es potencial) puede generar (SI SE CONCRETA EN UN EVENTO ACCIDENTAL).

Dado la existencia de Situaciones Peligrosas, pueden (o no) suceder distintos Eventos:

INCIDENTE (anomalía, evento, falla, ..):

Evento no esperado, producido de manera repentina, aunque sin ocasionar algún daño. En un incidente nadie (ni nada) sufre daño, o consecuencias.

ACCIDENTE:

Evento no esperado, producido de manera repentina, que ocasiona daños, ya sea en personas, en las instalaciones maquinaria, o el ecosistema.

LOS PELIGROS PUEDEN OCASIONAR EVENTUALMENTE DIVERSOS EVENTOS ACCIDENTALES (CON DIVERSOS ESCENARIOS POSIBLES)

Peligro detectado: Almacenamiento en un Tanque de sustancias peligrosas (inflamable, tóxica...)

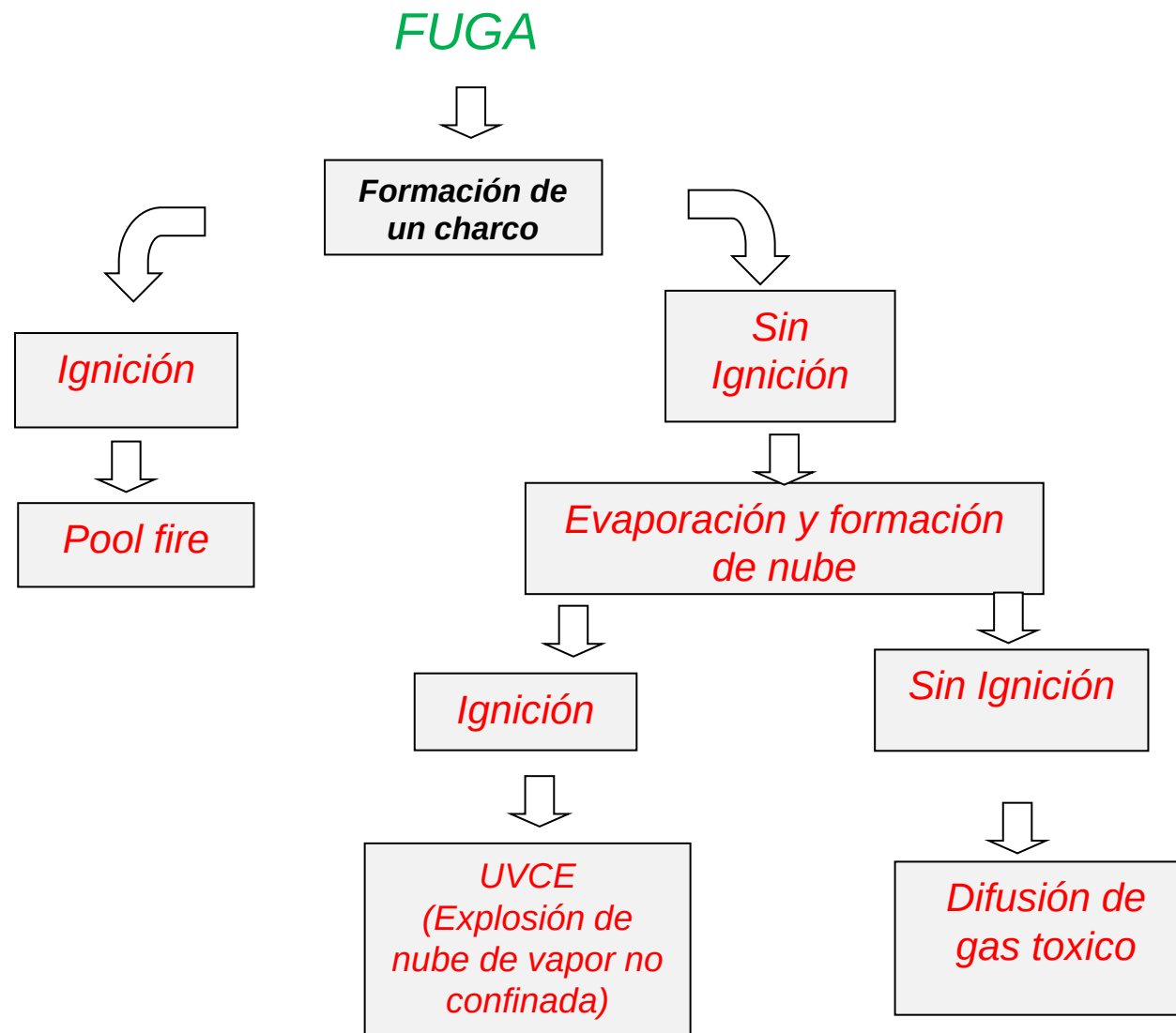
Por Ejemplo, supongamos UN EVENTO DE PÉRDIDA DE CONTENIDO EN UN TANQUE (LOC -loss of containment-) de una sustancia (que puede ser pura, mezcla multicomponente...), en cualquier estado -gaseoso, líquido, sólido-) a una determinada presión y temperatura.

La pérdida podría ser por derrame, escape por rotura de forma de agujero o bien en el proceso de transferencia (rotura de cañerías), etc.

PARA MODELAR EL CONJUNTO DE EVENTOS POSIBLES ASOCIADOS A UN PELIGRO DADO, SE RECURRE A “MODELOS” SIMILARES A LOS GRAFOS, LLAMADOS ÁRBOLES DE EVENTOS..

ACCIDENTE - EVENTO DE FUGA Y SUS ESCENARIOS ASOCIADOS,
SUSTANCIA EN ESTADO LIQUIDO, INFLAMABLE.

Árbol de eventos asociado a la fuga de un líquido tóxico e inflamable



Se debe EN PRIMER LUGAR, Identificar los peligros existentes, ya que no puede evaluarse lo que no ha sido detectado

- *En los procesos industriales siempre existen situaciones peligrosas, con la probabilidad de manifestarse a través de eventos concretos....*
- Desde el punto de visto del diseño y la operación de procesos en forma segura, tiene importancia LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LOS EVENTOS ACCIDENTALES Y LAS CONSECUENCIAS SOBRE EL ENTORNO.....

ANÁLISIS DE RIESGOS. PRINCIPIOS Y DEFINICIONES BASICAS DEL MISMO

NOCIONES BASICAS SOBRE:

Tipos de Modelos Utilizados

Peligro, incidentes, accidentes –HAZARD-

Riesgo (DEFINICIÓN TECNICA-CONCEPTUAL vs COLOQUIAL) –RISK-

Reliability Engineering (Ingeniería de la Confiabilidad)

Tolerabilidad del Riesgo.

Riesgo Tecnológico, Riesgo Ambiental, Riesgo y Resiliencia al Cambio Climático.

Riesgo Financiero, Riesgo sobre la salud, Riesgo Biológico, Riesgo demográfico, Climático ETC... ETC....

Riesgo ¿lenguaje coloquial o técnico?

¿Qué es el riesgo (Risk)?

Contingencia o proximidad de un daño (RAE)

Posibilidad acerca que las consecuencias de un hecho sean adversas, de sufrir una pérdida o de ser víctima de la mala fortuna

Todo evento contingente que, de materializarse, puede impedir o comprometer el logro de los objetivos

En el contexto de la Ing. de la Confiabilidad, el Riesgo asociado a los potenciales peligros debido a la operación de procesos (u otras actividades) es POR DEFINICION:

$$\textbf{Riesgo}_{(muerte\ personas)} = \textbf{frecuencia} \times \textbf{consecuencia}$$

$$\textbf{[fatalidades /año]} = \textbf{[eventos /año]} \textbf{[fatalidades / evento]}$$

El valor obtenido se utiliza para la toma de decisiones. Fatalidades se refiere en este caso a muertes –como consecuencia del evento/escenario accidental analizado (daño a las personas)-. Tener en cuenta que es función de la posición respecto de la fuente (ocurrencia del evento).

INCONVENIENTES

La definición de riesgo involucra probabilidad y por lo tanto su resultado presenta incertidumbre.

Además de la frecuencia de ocurrencia del evento, en el cálculo de sus consecuencias, también deben considerarse factores estocásticos (por ejemplo la dirección, velocidad del viento y la estabilidad atmosférica en un determinado lugar y tiempo si existe difusión de tóxicos).

Que el valor de riesgo estimado sea un valor probabilístico, no necesariamente implica que no se pueda tomar decisiones en forma concreta, basados en criterios ingenieriles

Cada proceso tiene un Riesgo básico o inherente (el Riesgo asociado al diseño básico sin elementos agregados de mitigación)

- Si lo reducimos debido a la acción de procedimientos y/o elementos de seguridad (medidas mitigadoras sobre frecuencia y /o sobre las consecuencias)

Tenemos el Riesgo residual (que nunca podremos asegurar que es nulo)

LUEGO:

EL OBJETIVO DE UN ESTUDIO DE AR ES EN PRIMER LUGAR IDENTIFICAR LOS PELIGROS (ESTO ES, GENERAR LOS ÁRBOLES DE EVENTOS Y ESCENARIOS ASOCIADOS)

PARA LUEGO, EVALUAR SUS RIESGOS ASOCIADOS.

PARA ELLO, CLARAMENTE, DEBEMOS ENFORCARNOS EN LOS DOS PARAMETROS FUNDAMENTALES:

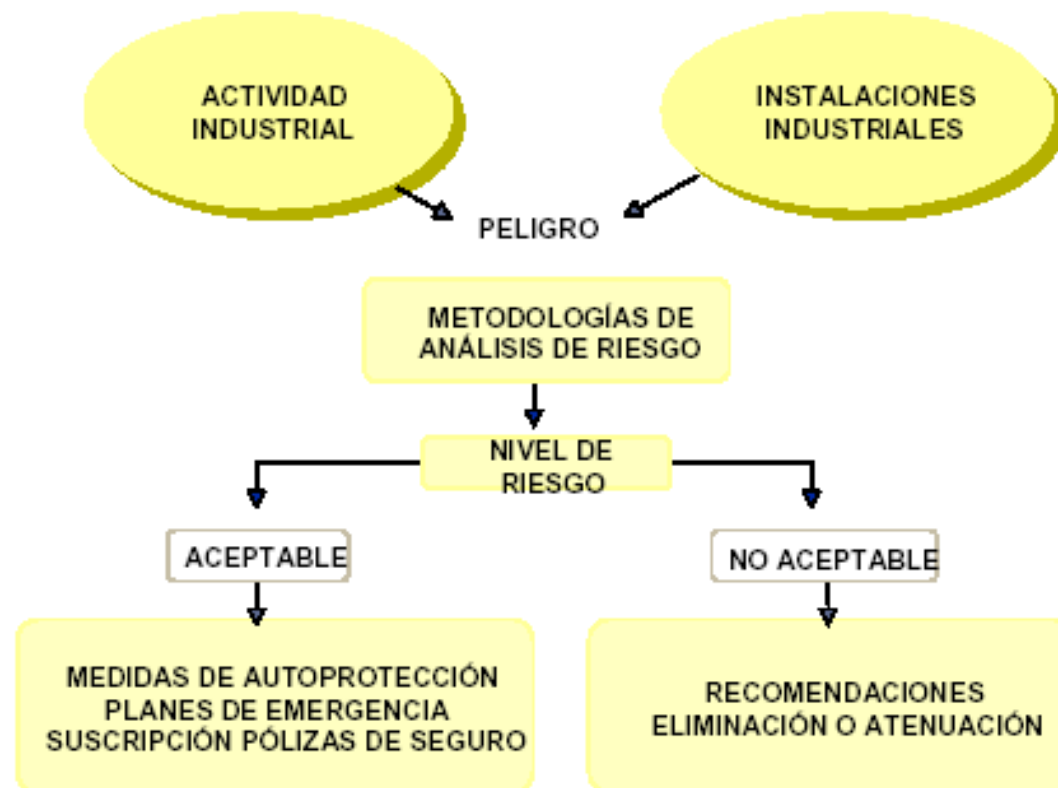
FRECUENCIA DE OCURRENCIA

CONSECUENCIAS O VULNERABILIDAD DEL ENTORNO

YA QUE AMBAS SE COMBINAN (PRODUCTO**) PARA OBTENER EL VALOR DE RIESGO ASOCIADO (PESO PONDERADO DE AMBOS FACTORES)**

Gerenciamiento del Riego.

Toma de Decisiones



¿Qué pasa ante un siniestro o evento accidental?

Investigación de las causas del accidente

Responsabilidades civiles y penales

Se investiga:

-Existencia del sistema de gerenciamiento del riesgo

-Existencia del sistema de mejoramiento continuo

-Responsabilidades ante las carencias u omisiones

GERENCIAMIENTO DEL RIESGO

La existencia o inexistencia, los cumplimientos o no cumplimientos de los planes de gerenciamiento del riesgo (ocurrido un accidente) tienen fuertes implicancias legales, cuando múltiples partes litigan en estrados judiciales, en particular en países con fuerte cultura de aplicación sistemática y eficaz de los conceptos de riesgo tolerable y su gerenciamiento adecuado

Cada sociedad a través de su estado organizado debiera definir los niveles tanto individuales como sociales de tolerabilidad de riesgo.

En cada nivel de interpretación y obtención de datos para un estudio de riesgos existen factores que pueden considerarse subjetivos, o sujetos a múltiples interpretaciones o visiones,

por lo que debe necesariamente ser un trabajo consensuado, y particularmente explicado a la sociedad en su conjunto. Debidamente justificado en cada una de sus etapas.

Gestión Ambiental

- *Sistema de Gestión Ambiental según Norma ISO 14001.*
- *ISO 14004: “ Evaluar la importancia de los impactos teniendo en cuenta: escala, severidad, probabilidad de ocurrencia, duración del impacto, preocupaciones comerciales, inquietudes de partes interesadas, etc.*
- *Unión Europea: Principios básicos en cuanto al medio ambiente*
- *Prevención – Precaución*
- *El que contamina paga*

El AR puede realizarse tanto desde el sector público - Funcionarios públicos- como el sector privado (empresas)

Es un proceso que involucra la:

-Identificación de Peligros (una planta, un parque industrial, una zona geográfica....)

-Evaluación de riesgos (tecnológico -personas, infraestructura-, riesgo ambiental)

-Determinación de los objetivos de CONTROL DEL RIESGO (“aceptabilidad” del riesgo, normativas)

-Y ES PERMANENTE, El criterio es la Mejora continua

Problemas Asociados a las características particulares de la noción del riesgo

Es difícil y muy demandante de tiempo identificar todos los peligros asociados a un complejo fabril de dimensiones importantes. Plantas complejas, parques industriales, puertos, transporte de sustancias peligrosas por aire, mar, ríos o trenes,..

Criterios probabilísticos: probabilidad de ocurrencia de Eventos simultáneos, encadenados (efecto dominó), según las reglas del cálculo estadístico...

Carencia de datos necesarios para evaluar la frecuencia de ocurrencia de las fallas o eventos accidentales

Necesidad de Modelos (software) para estimar las consecuencias de los accidentes. Por ejemplo, dado una fuga de una sustancia tóxica e inflamable, estimar el campo de concentraciones y de sobrepresiones (de existir una explosión) y de radiación (de existir un incendio o bien una deflagración...)

**Existe una componente socio-cultural
¿Evaluar y Comunicar los riesgos de la
actividad tecnológica, debido al
desarrollo?. ¿Son crecientes?).**

**Se debe comunicar y explicar a la
población sobre los aspectos del riesgo
tecnológico, sus implicancias, los
riesgos, ventajas/desventajas del
desarrollo....**

**El Gerenciamiento y Administración del
mismo, y su relación con la vida
cotidiana....**

***¿Alguien ignora para qué sirven los frenos?
¿Alguien deja de subirse a un automóvil,
ómnibus, bicicleta, monopatín, moto, ...etc?***

Y barcos, botes, aviones..?

***Inversiones, apuestas, deportes extremos, fumar,
operarse?***

El riesgo debe anularse o administrarse?

Quien no arriesga no gana....

La vida real  ***Riesgo vs. Objetivos***

¿PUEDE EVITARSE EL RIESGO?

- ***Sin riesgo, no hay progreso.***
- ***A mayor riesgo, mayor potencial beneficio (pero... potenciales mayores pérdidas...)***
¿Balance individual o social?

***Emprendimientos tecnológicos a nivel general..
vs decisiones individuales.....***

- ***Debe tomarse riesgo en forma controlada, con información y conocimiento, razonablemente, consensuadamente con el entorno social interactuante.***

¿Después de todo, nos preguntamos, puede evitarse el riesgo? ¿O solo administrarlo?

- **Tomar Riesgo en la actividad normal del ser humano es positivo, inherente, no implícitamente un hecho negativo.**
- **Tomamos riesgo para lograr comodidad, satisfacer curiosidad u obtener beneficios y /o ganancias.**
- **Para vivir, sobrevivir, la humanidad debe tomar riesgo inevitablemente, debido a sus innumerables necesidades diarias.**
- **La tecnología se define filosóficamente, como la transformación del mundo natural en artificial (pero eso no se realiza como una actividad “deportiva o de entretenimiento”). Por otra parte, debemos lograr una transformación sustentable...**

Aclaración de Conceptos y Conocimientos

Existe una actividad segura?

Existe el riesgo cero o nulo? (NO)

La verdadera contraposición está entre riesgoso y no riesgoso? **(NO)**

O bien entre riesgo tolerable o no tolerable/ Aceptable o no aceptable ?

¿Es la tolerancia al riesgo un término mejor que la aceptación del riesgo?

¿Tolerar un riesgo significa que **no** estamos contentos con la situación?

¿Y la aceptación implica que **solo** vivimos con el riesgo y necesitamos mantenernos alerta y revisar si nuestras medidas de control de riesgos siguen siendo apropiadas?

¿Aceptar es **fatalista** o **derrotista**?

¿Implica una **aceptación pasiva**?

***Dentro de este contexto nos
preguntamos:***

***EL APLICAR METODOS DE ANALISIS DE
RIESGOS ES UNA:***

***¿MOTIVACION o
NECESIDAD?***

***¿Existe una cultura definida acerca de
la significancia del riesgo en nuestro
entorno socio-tecno-económico ?***

¿Necesidad o Motivación ?

...Evidencia empírica....

***Algunos accidentes mayores
históricos internacionales y***

***ANALISIS DE ALGUNOS ACCIDENTES
INDUSTRIALES GRAVES
REPRESENTATIVOS***

***Seveso (Italia), Julio de 1976,
Bhopal (India), Diciembre de 1984
Flixborough (Inglaterra), Junio de 1974,***

Seveso (Italia, 1976 Planta ICMESA)

Incendio industrial que ocurrió en julio de 1976, en una pequeña planta química en Seveso, cerca de Milán, Italia. Se producía un herbicida. Fuga de un intermediario para obtener un herbicida (Dioxina, muy tóxica).



Por sobrecalentamiento ocurre el disparo de la reacción – runaway- en un reactor. La presión subió y se activaron los discos de alivio, dejando escapar casi 2 kg. de dioxina al medio ambiente circundante. Con el correr de los días, la nube tóxica se extendió a 18 km a la redonda.

LAS CAUSAS:

- Dejar el procesamiento de una mezcla tóxica durante un fin de semana sin la vigilancia adecuada, con peligro de que se generara una reacción incontrolada (error humano y de gerenciamiento)***
- Permitir que el alivio de emergencia se disparara directamente a la atmósfera, y no a un tanque de contención. Se trataba de una dioxina (error de diseño y gerenciamiento).***
- La falta de planes de Emergencia, Contingencia y Remediación, tratándose de una planta con semejante producto (error de gerenciamiento y operaciones)***

Luego del Accidente “Seveso”, se proponen Normativas Preventivas

Se establece, en 1982, la llamada Directiva 82/501/EEC o “Directiva Seveso” (Seveso II) definiendo regulaciones en la actividad principalmente industriales.

En 1996, se actualizó dando lugar a la Directiva 96/82/CE (control de riesgos inherentes a los accidentes mayores en los que intervengan sustancias peligrosas). Se actualiza nuevamente en diversas ocasiones hasta converger en Diciembre de 2003 en la directiva 2003/105/CE´

Luego, se dicta la DIRECTIVA 2012/18/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de julio de 2012 relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y por la que se modifica y ulteriormente deroga la Directiva 96/82/CE (Seveso III).

Bhopal (India)
***se generaba metilisocianato “MIC”, una
sustancia extremadamente tóxica . Fuga a la
atmósfera, 25 Tn de MIC,***



3 de diciembre de 1984 una nube tóxica invadió la ciudad de Bhopal, estado de Madhya Pradesh, India.

- ***Union Carbide, accidente, fuga de isocianato de metilo (MIC), gas sumamente tóxico que se emplea para fabricar insecticidas. Aumento de presión en el tanque de almacenamiento se abre la válvula de seguridad y lo liberara a la atmósfera.***
- ***Los sistemas de seguridad de la planta, como el lavador de gases y la torre de quemado, no funcionaron para evitar la tragedia.***
- ***Hubo más de 7000 muertos, mucha gente estaba durmiendo y no tuvo tiempo de escapar.***
- ***También murieron centenares de animales domésticos, silvestres, se contaminaron los pozos de agua, que afectó a las familias que la bebieron.....***

Bhopal (India) Diciembre de 1984 Union Carbide

CAUSAS (fuga de sustancia tóxica)

- Equipo de enfriamiento, antorcha y lavador de gases fuera de servicio al mismo tiempo (*operaciones, gerenciamiento*)**
- Sin el equipo de enfriamiento ni la antorcha, el equipo lavador no tenía la capacidad de retener todo el gas en fuga que estaba en los tanques (*operaciones, gerenciamiento, gestión en los cambios, procesos*).**
- Incorrecta localización de la planta. Una zona urbanizada (*diseño, control gubernamental, gerenciamiento*)**

Flixborough Junio de 1974 Planta Nypro

FUGA DE GAS INFLAMABLE – EXPLOSIÓN -

CAUSAS (sobrepresión – rotura y fuga por cañería)

- **En la planta no existía un sistema de gestión de Seguridad en las modificaciones que se realizaban (*Gestión del riesgo*).**
- **Se realizó una modificación a la cañería que realizaba un bypass transitorio a un reactor en una configuración en serie. Ningún ingeniero mecánico calculó la cañería, ningún responsable de Seguridad pidió y revisó esos cálculos (*diseño y gestión*).**
- **La grieta que se provoca en la cañería/reactor receptor se debió a que las juntas de dilatación estaban diseñadas para trabajar con un empuje cuatro veces (*diseño*).**

El modo esperado de funcionamiento de la serie de reactores luego de la modificación no fue analizado.

En la planta no se evaluaban los posibles riesgos operativos al modificar los procesos. (gestión de cambios de diseño)....

...se generó la fuga en una cañería que debió calcularse correctamente ...

Ante una sobrepresión, la excentricidad de la cañería llevó a las juntas a romperse, liberando 40 Tn de ciclohexano que a las 16:35 explotaron al encontrar una fuente de ignición cercana.

Es la mayor explosión en Inglaterra desde la Segunda Guerra Mundial.

La planta desapareció por la explosión, llevándose 28 personas, 1800 casas vecinas y 167 establecimientos comerciales de la zona.



San Lorenzo: Incendio en dos silos de la empresa Molinos 2013. No se registraron heridos



Gran explosión en Cofco en Puerto General San Martín (2017) . 2 muertos y varios heridos

Distintas vistas de la evolución del escenario accidental



ALGUNOS RECORTES DE ARTÍCULOS DE PERIODICOS

En la región, una de las explosiones que más se recuerdan **ocurrió en San Lorenzo el 26 de abril de 2002. Ese día dos operarios murieron, 17 resultaron heridos y dos más fueron reportados como desaparecidos tras las primeras operaciones de rescate. Días después, el 1º de mayo, encontraron sus cuerpos sin vida bajo toneladas de cereal y escombros.....**

La explosión se produjo por el estallido de un silo de la planta Asociación de **Cooperativas Argentinas (ACA)**. La explosión fue tan violenta que se escuchó a más de 30 cuadras.

ALGUNOS RECORTES DE ARTÍCULOS PERIODÍSTICOS

El 26 de junio de 2015 un operario especializado en acopio murió en una explosión similar en otro silo de la Asociación de Cooperativas Argentinas, esta vez en El Paraíso, en Ramallo. El estallido hizo que el trabajador quedara sepultado por unas 300 toneladas de cereal.

En 1995 en la aceitera Santa Clara, en la zona suroeste de Rosario, dos trabajadores murieron de igual manera.

Y en diciembre de 2016 le pasó a otro, en la planta de Cofco, Timbúes.

Algunos recortes de artículos de periodicos

Rosario todavía recuerda la explosión de un silo de la empresa Genaro García, que dejó 10 muertos en 1984. Y hay más casos...

Aquel tremendo estallido causó la muerte instantánea de tres operarios y dejó al menos 22 heridos, muchos de ellos graves. La enorme mayoría tenía severas quemaduras, algunos en el 90 por ciento del cuerpo. Con los días muchos de ellos no resistieron y al final el número de víctimas fatales subió a 10.

Impactante incendio de una refinería de YPF en Ensenada (22/8/24)

***El fuego comenzó después de
las 16 en una línea en la zona
de tanques y no hubo heridos.***

***El lugar fue evacuado luego de
una rápida reacción del
personal de emergencia. Hubo
varias dotaciones de
bomberos de la planta con
apoyo de Bomberos de
Berisso y personal de
Prefectura Naval trabajando en
el lugar.***



Tránsito asistido en la A012 por el derrame de un camión que trasladaba ácido clorhídrico (09/09/2024)



**Explosión en el puerto de Beirut, enorme destrucción y muerte,
Explosión de nitrato de amonio en un almacén portuario, Agosto
2022**



Explosión en la Planta Piloto. Universidad de Rio Cuarto, 5 de diciembre del 2007

En la pequeña Planta Piloto de extracción de aceites vegetales había más de 2500 litros de hexano (solvente).

Alguien enciende el mechero de una autoclave para esterilizar material

Hubo un derrame de miscela, y el solvente evaporado forma mezcla explosiva generando una explosión.



CONCLUSIONES

Una falla insignificante en forma aislada, puede desencadenar accidentes catastróficos a través de la cadena causa-consecuencias que genera.

Las fallas pueden agruparse en:

Funcionales (relación entre equipamiento, contenedores, con los fluidos que transportan o almacenan, entre distintos equipos y servicios, etc.)

Fallas o errores humanos

Fallas intrínsecas (mecánicas, eléctricas, sistemas neumáticos, automatismos, etc.)

Causas de fallas, accidentes, desviaciones con respecto a la normalidad

Fallas humanas

Fallas de diseño o de operación

Fallas en los componentes

Cambios en el proceso

Sistemas de Control y Seguridad basados en computadoras. Independencia.

Ubicación de la industria o empresa. Entorno y características.

Población, Infraestructura, Ambiente.

Algunos tipos de cambios

Cambios en las Condiciones de operación.

Parada y Arranque. Procedimientos y tareas.

- Cambios en Hardware y software.

-Enclavamientos adicionales

-Cambios en los procedimientos operativos.

Logística

***-”Mejora” de los sistemas de contención /
contingencia.....***



***El Riesgo siempre existirá
Pero..... ! Muchas cosas se
pueden hacer
para administrarlo...!***



Evidencia empírica

Ya sea un establecimiento nuevo, ya sean cambios menores, en el diseño, en el modo de operación, ya sea por una ampliación o simplemente por una mejora de lo existente,

**DEBE EXISTIR UN ANALISIS DE
RIESGOS**

ANÁLISIS DE RIESGOS. PRINCIPIOS Y DEFINICIONES BASICAS DEL MISMO

NOCIONES BASICAS

Tipos de Modelos Utilizados

Peligro, incidentes, accidentes –HAZARD-

Riesgo (concepción conceptual, vs definición técnica) –RISK-

Reliability Engineering (Ingeniería de la Confiabilidad)

Tolerabilidad del Riesgo.

Riesgo Tecnológico, Riesgo Ambiental, Riesgo y Resiliencia al Cambio Climático.

Riesgo Financiero, Riesgo Biológico, Riesgo demográfico, Climático ETC... ETC....

RESULTADOS DEL AR Y EL GERENCIAMIENTO DEL RIESGO

Preceptos básicos y seminales del Gerenciamiento del Riesgo

El Riesgo Cero es inalcanzable

Este objetivo para el gerenciamiento es idealista, simbólico, pero mal utilizado frustrará a los integrantes de la organización

***DESDE LA INGENIERÍA DE
PROCESOS, SE HAN PROPUESTO
RECIENTEMENTE FILOSOFÍAS PARA
EL DISEÑO Y LA OPERACIÓN
SEGURA DE PROCESOS***

Diseño inherentemente seguro

Se proponen procesos que minimicen los peligros, y ante fallas, eventos accidentales, idealmente **provocan un impacto despreciable (Minimizan el Riesgo)**.

Idealmente, no dependen de medidas de control para reducir el riesgo (medidas de mitigación activas y/o pasivas)

Diseño Basado en Riesgo

Se propone no superar un valor especificado de Riesgo, de tal forma de **reducir el riesgo al que están sometidos los trabajadores, el vecindario y las instalaciones aledañas.**

El RESULTADO DE UN AR SE PRESENTA SOBRE MAPAS DE RIESGO

***SON IMPORTANTES LAS SIGUIENTES
GRAFICAS:***

Curvas de iso-riesgo (individual)

Mapas de Riesgo (individual)

Curvas F-N (riesgo social)

Riesgo individual. Riesgo social.

Riesgo Individual:

probabilidad (en base anual) que un determinado individuo sufra determinadas consecuencias (generalmente muerte) como consecuencia de la exposición a uno o diversos peligros (eventos) acumulados (Fatalidades/año)

Riesgo colectivo o social:

probabilidad (en base anual) que un grupo de al menos N personas sufra determinadas consecuencias (muerte) al mismo tiempo como consecuencia de la exposición a uno o diversos peligros (eventos) acumulados.

***¿Que hacemos con el valor del riesgo que
obtenemos en un AR?***

Debemos tomar decisiones

¿Debe reducirse?

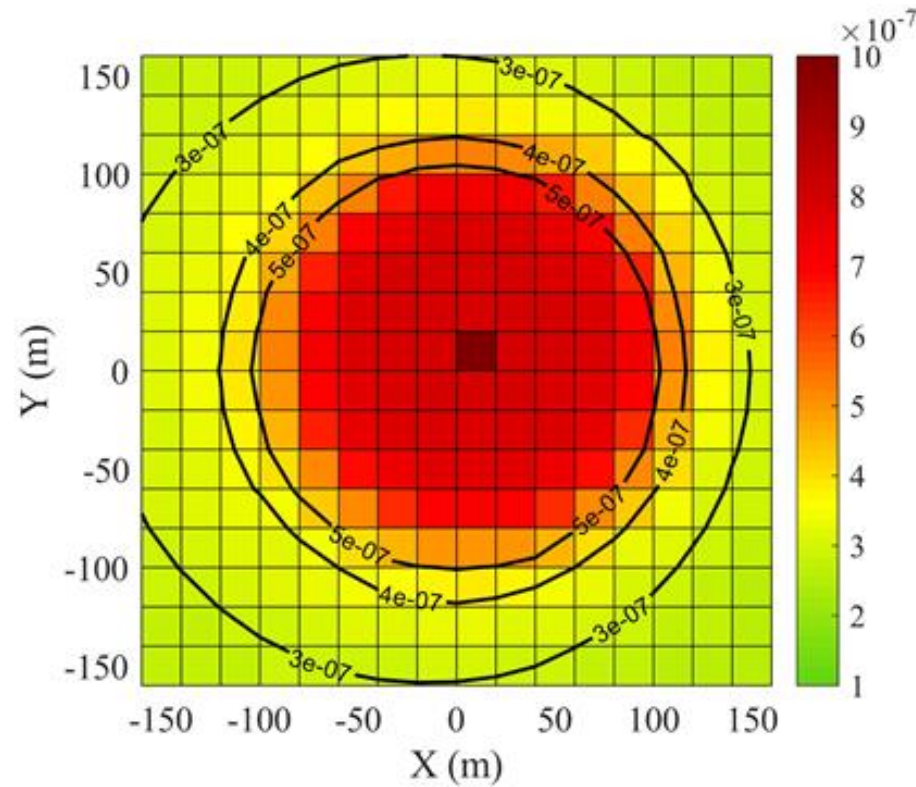
¿Cuándo y Cuánto?

¿Prioridades?

Recordar que Riesgo

Cero no existe

Mapa de Isoriesgo (contornos con igual riesgo en el terreno circundante) Incendio -Trench Fire-



Vista en planta

Imagen riesgo total en una dada zona de interés –se distinguen tres zonas, la “intolerable”, la “tolerable” y la “intermedia”



¿Riesgo alto?, ¿Riesgo Bajo?

- *¿Cuán alto es alto riesgo?*
- *¿Cuán bajo es bajo riesgo ?*
- *¿Dónde, cuándo, para quién?*
- *¿Quién decide?*

¿Riesgo alto?, ¿Riesgo Bajo?

- *¿Cuál es la percepción del riesgo?*
- *¿Debe ser **ocultado** o se debe comunicar?*
- *¿Se deben reducir los riesgos, ante una situación inaceptable, o prohibir la ejecución de dicha actividad?*

Percepción del riesgo



Risk Perception ??



Tolerabilidad del riesgo

- **Riesgo Voluntario o Involuntario**

- ***La tolerabilidad del riesgo ante una industria u otro emprendimiento, para el público es diferente que para los empleados, y para los propietarios, ya que para unos se trata de un riesgo voluntario, y para otros es involuntario.***

- ***Por ejemplo, en el transporte de sustancias peligrosas la gente que habita próximo a la ruta, obviamente toma un riesgo involuntario cuando se transportan mercancías peligrosas.***

El conductor de la cisterna no. ¿Y la compañía de transporte ?

Límites de tolerabilidad

- **Riesgos tolerados voluntariamente por el público (fumar, conducir un vehículo, etc.).**
- **Aceptados “por costumbre”, o con “cierta resignación”: “caída” de un rayo, huracanes, etc. ya que son factores naturales sobre los cuales “no tenemos control” o prácticamente tenemos muy poco.**

TOLERABILIDAD DEL RIESGO



Vuelo espacial
Exploración de un país desconocido

Energía nuclear
Vivir cerca de una planta química

Voluntario

Involuntario

Fumar
Esquiar

Incendio de casa
Resfrío



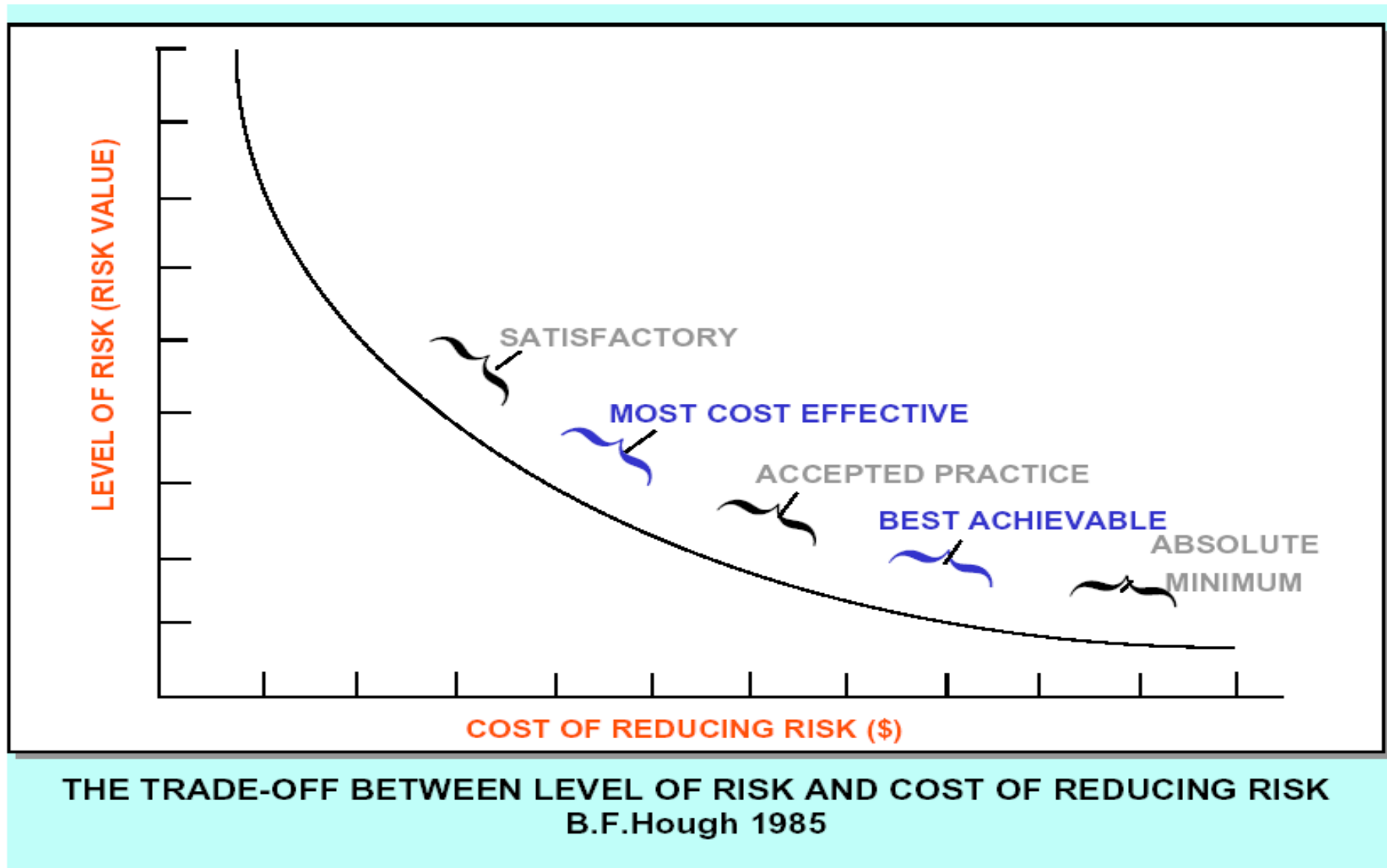
Riesgo desconocido

Riesgo conocido

Análisis económico, o ingeniería de la confiabilidad

- ***¿Para qué evaluamos el riesgo?***
- ***Fijados valores o niveles de “aceptabilidad” o tolerabilidad bajo distintas circunstancias, podemos comparar el riesgo calculado con respecto a dichos niveles***
- ***Puede verse cómo impacta cada cambio en el proceso, en el nivel de riesgo calculado.***
- ***O mejor dicho, cómo impacta en el costo (inversión de capital, etc..) una reducción del riesgo de un determinado nivel (ejemplo, 30%).***

Inversión y reducción esperada del Riesgo



Criterios de decisión

El punto de corte entre “el gasto” (la inversión) y su efecto en disminuir el riesgo puede ser un criterio...

Otro es introducir además una normativa que establezca ciertos mínimos al riesgo, independientemente del “balance” anterior

Nótese que el equilibrio entre la normativa y “la práctica económica” tiene consecuencias en la rentabilidad de las inversiones, y por ende la actividad económica, y en cualquier caso en la calidad de vida, etc.

TOLERABILIDAD DEL RIESGO

Algunas consideraciones:

En general no existen los recursos necesarios para eliminar todos los peligros al mismo tiempo.

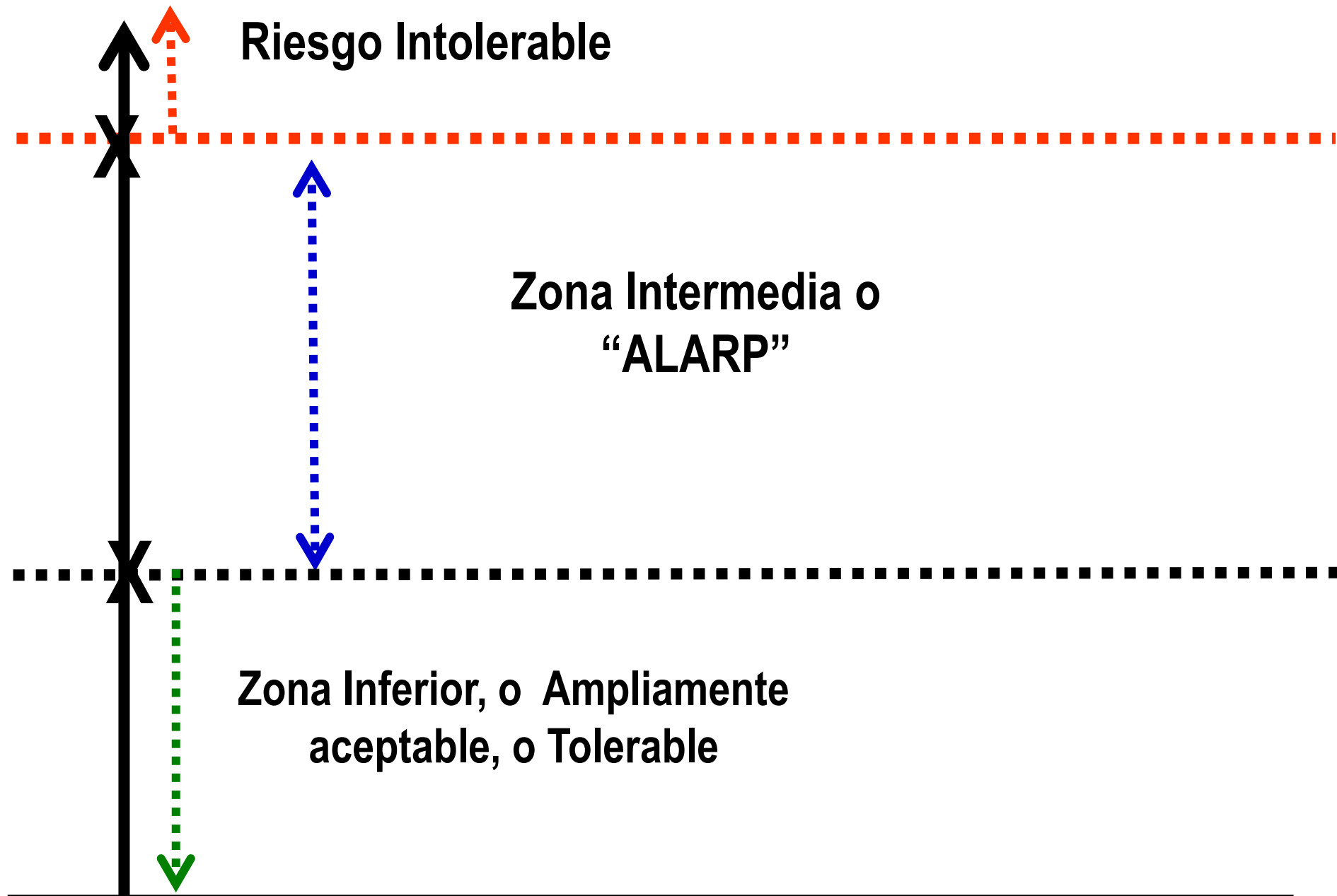
Cualquier inversión en seguridad debe hacerse con la premisa de obtener el máximo beneficio social, esto es, aplicarlo a disminuir los riesgos en un orden cuya probabilidad y/o consecuencias así lo justifiquen.

TOLERABILIDAD DEL RIESGO

Algunas consideraciones:

- # Sabemos que el riesgo cero no existe, es imposible eliminar el riesgo en su totalidad.**
- # Estamos en general dispuestos a aceptar valores de riesgo más altos en el caso de riesgos voluntarios.**
- # En cambio existe cierta “aversión” a los involuntarios.**

Nivel de Riesgo



El criterio ALARP

“The UK Health and Safety Executive” propuso que la frase “riesgo tolerable” sea interpretada mediante el criterio ALARP (as low as reasonably practicable).

De esta forma es posible definir valores límites (superior e inferior) y zonas de tal forma que:

- **Área superior: aquella en que el riesgo se ubica por encima del límite superior. Se la considera área de riesgo “intolerable o inaceptable”**
- **Área inferior, Definida por aquella en que el valor del riesgo yace por debajo del límite inferior, y es considerada ampliamente o generalmente aceptable en la vida cotidiana.**
- **Entre límites: zona ALARP**

TOLERABILIDAD DEL RIESGO: ZONA INTERMEDIA (ALARP)

Los riesgos residuales deben mantenerse tan bajos como sea razonablemente posible.

Los riesgos se revisan periódicamente para garantizar que siguen cumpliendo los criterios ALARP.

Esto último implica un adecuado sistema de Gerenciamiento del Riesgo

Riesgo individual. Valores adoptados en algunas prácticas internacionales

Límite superior zona ALARP

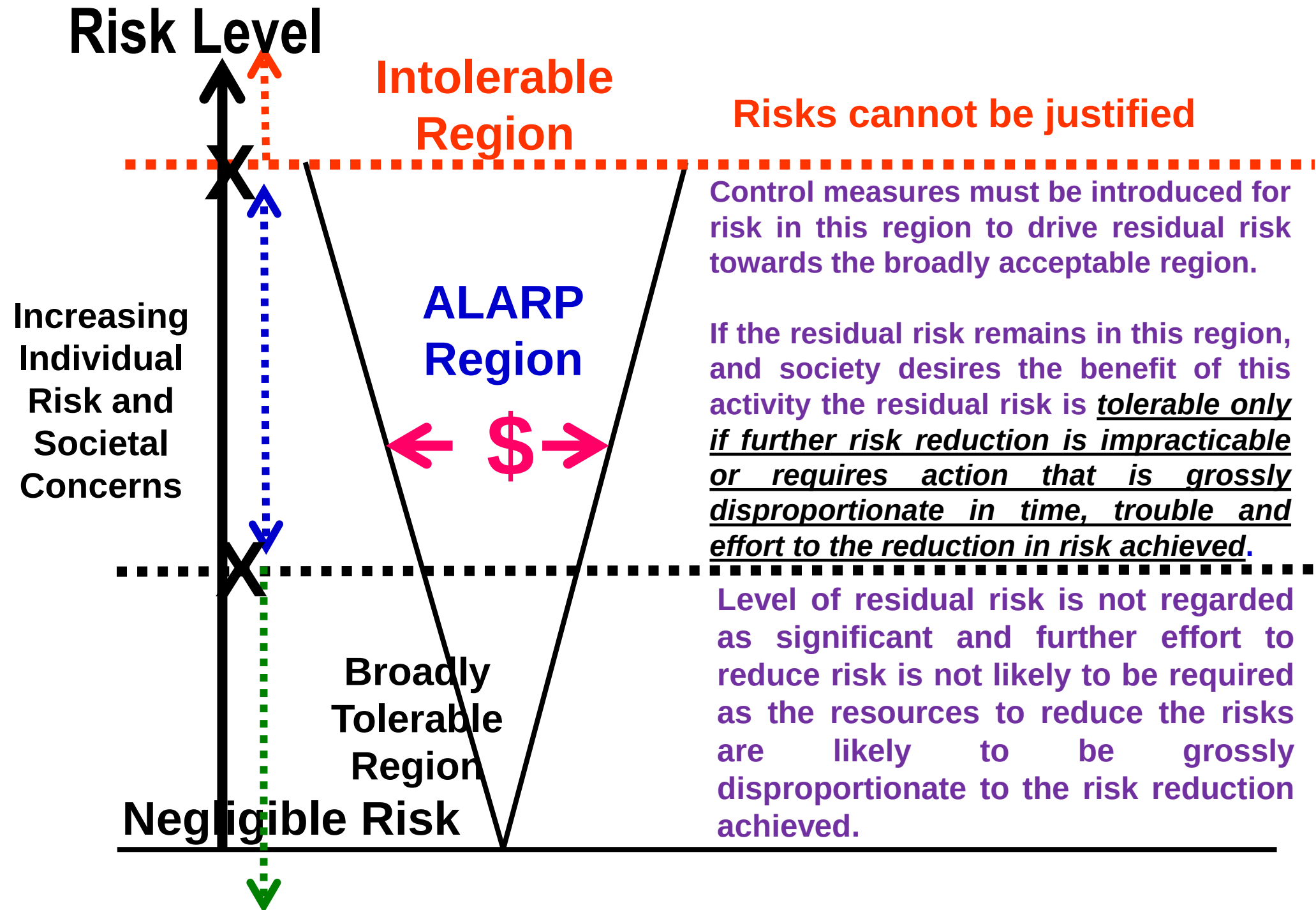
• **₋₃ Empleados (voluntario) 10**

• **₋₄ Para el Público (involuntario) 10**

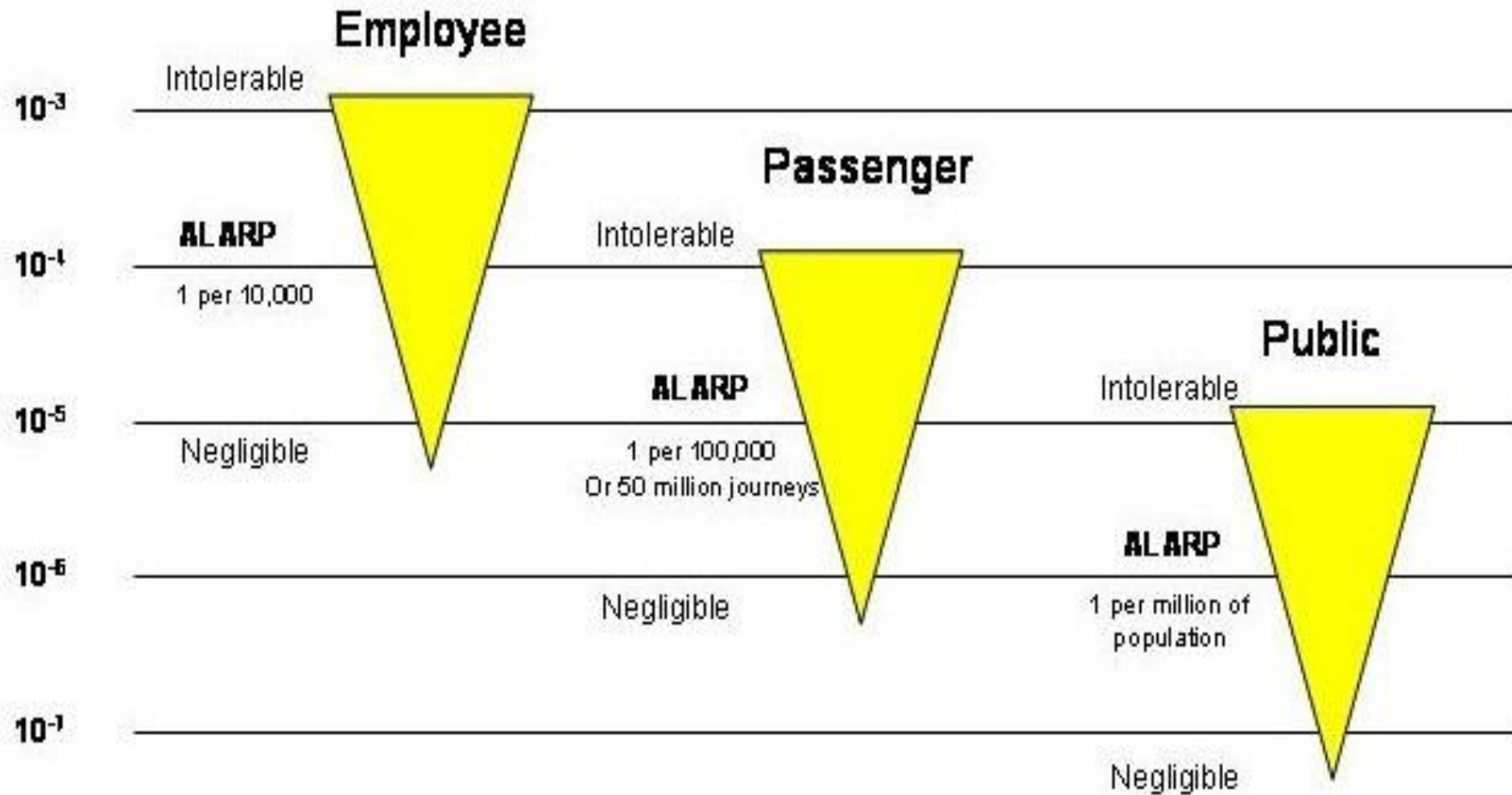
• **Con respecto al límite inferior, o ampliamente aceptado (según distintos países):**

10^{-6} o 10^{-7}

Risk Evaluation - ALARP Tolerability Principles



TOLERABILIDAD DEL RIESGO



TOLERABILIDAD DEL RIESGO: ZONA INTERMEDIA (ALARP)

Una de las interpretaciones: aquella en que los riesgos se corresponderían a las actividades que la gente en su práctica o vida cotidiana “está dispuesta a tolerar”.....considerando el equilibrio entre el beneficio individual y social, a fin de asegurar “las necesidades propias del sistema socio-económico”...

Aunque simultáneamente se confía o se sobreentiende que:

Las fuentes y el nivel del riesgo resultante se evalúan adecuadamente y los resultados se utilizan para establecer medidas de control; mediante un proceso de mejora continua (supervisado por autoridad competente.....) de tal forma de lograr finalmente que todos los riesgos residuales existentes se ubiquen en la zona inferior

Zona ALARP: Algunas consideraciones

- Debemos tomar medidas de control “para llevar” el riesgo residual hacia la región inferior.
- El riesgo residual que aun permanezca en zona ALARP es “tolerado”, aunque es necesario además, demostrar que tomar nuevas acciones para reducirlo implica un costo, tiempo u otra medida del esfuerzo para lograrlo, que resultan “desproporcionadas, irrazonables” para la continuidad del emprendimiento.
- Especialmente tener en cuenta situaciones en las cercanías del borde superior
- Es un proceso de mejora Continua, y deben decidirse prioridades en la intervención.

Zona inferior: nivel de riesgo ampliamente aceptable.

Riesgos que se consideran en general, adecuadamente controlados, de valor residual no significativo, aunque no nulos....

Las medidas para reducir el riesgo dependerán de la asignación de recursos y el proceso de mejora continua (o cuando la ley lo exija –normas vigentes-).

ALARA (As Low As Reasonably Achievable)

Tan bajo como sea razonablemente posible/alcanzable;

El término original era "As Low As Practicable"

¿ Diferencias ?

Algunos conceptos

- *Diseño Seguro*
- *Diseño sustentable*
- *Diseño sostenible*

Sustentabilidad, Sostenibilidad

El desarrollo sustentable se focaliza en la preservación de los recursos naturales, garantizar que las futuras generaciones también puedan contar con los presentes recursos para la satisfacción de sus necesidades.

En cambio, el desarrollo sostenible tiene en cuenta además las condiciones sociales, políticas y económicas del conjunto social, por lo cual incorpora la visión humana. Ese desarrollo, debe respetar el entorno natural en el cual vive.

Aunque generalmente no se lo explicita, NO existe sustentabilidad ni sostenibilidad realista, sin contemplar/evaluar además, el Riesgo subyacente.



Análisis y evaluación de riesgo medioambiental

- *Identificar los peligros ambientales.*
- *Evaluar los mismos.*
- *Estimar los **riesgos** ambientales.*

Problemática asociada a la evaluación del riesgo ambiental

-Los criterios “convencionales” o habituales para la evaluación del riesgo tecnológico se basan en fatalidades (muertes) humanas (como centro de análisis).

-El riesgo individual o social se enfoca a las poblaciones humanas.

-¿Existe la posibilidad de lograr consenso, o bien es factible y/o viable, establecer criterios sobre los ecosistemas, la vida animal y/o vegetal, siguiendo los patrones utilizados respecto del ser humano?

Problemática asociada a la evaluación del riesgo ambiental

Se evalúan diferentes entornos.

No es fácil utilizar una medida homogénea de evaluación, que sea objetiva y de consenso general.

La sumatoria de los efectos de cada evento accidental es siempre un punto que amerita un estudio y consideración especial.

Estimar la Probabilidad o frecuencia de ocurrencia asociada a las características del entorno y las Consecuencias que sobre cada uno de los entornos (natural, humano y socioeconómico) se produzcan, para cada suceso iniciador y todos los posibles escenarios de accidente

■ Suceso iniciador:

Primer suceso o conjunto de sucesos simultáneos por el que se desencadena una secuencia accidental, ejemplo: Fuga de un tóxico.

■ Escenario:

Lugar físico de la instalación o del entorno donde se origina y evoluciona el suceso iniciador. Modos de impacto.