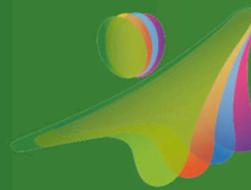


CONGRESO DE
SEGURIDAD Y SALUD
EN EL TRABAJO



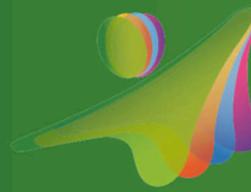
ANÁLISIS HAZOP/LOPA
Carlos Cataluña Montejo

25 de Noviembre de 2014



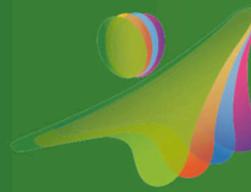
ÍNDICE

- Introducción y Conceptos de Seguridad Industrial
- Seguridad y Riesgo
- Sistemas de Gestión de la Seguridad
- Desarrollo Histórico de la Seguridad Industrial
- Tendencias Modernas para Minimización de Riesgos de Proceso
- Metodologías de Evaluación de Riesgos de Proceso
- Metodología HAZOP. Fundamentos y Características
- Risk Ranking
- SIL. Fundamentos y Determinación
- LOPA. Fundamentos y Determinación



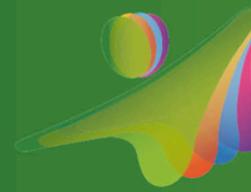
**”Experiencia es el nombre
que todo el mundo damos a
nuestros errores”**

Oscar Wilde, escritor inglés

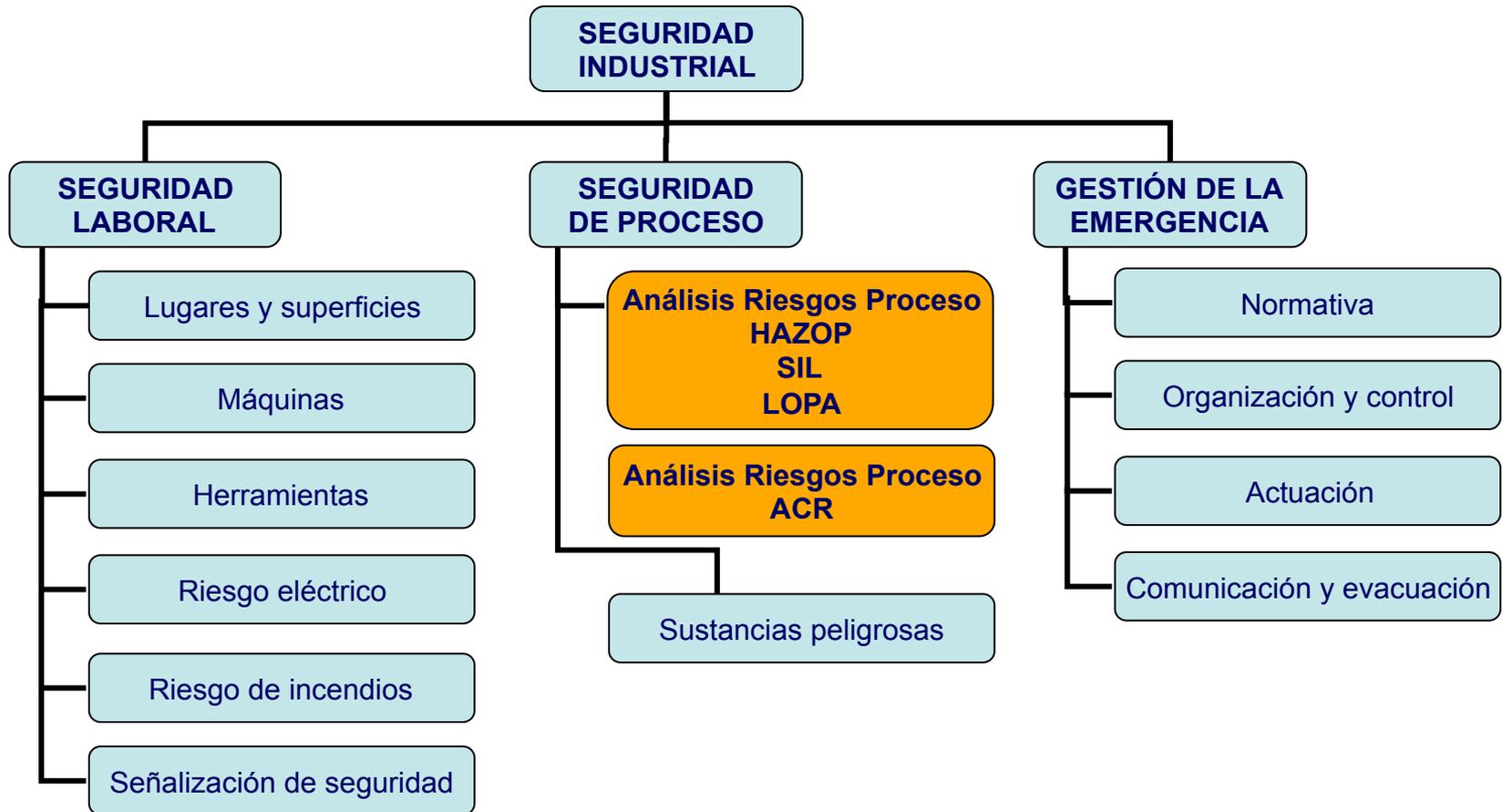


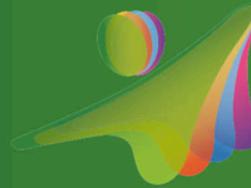
**”Todo nuestro conocimiento
deriva exclusivamente de la
corrección de nuestros
errores”**

Karl Popper, filósofo austriaco



SEGURIDAD INDUSTRIAL





SEGURIDAD Y RIESGO

- **SEGURIDAD**

Estar exento de que un riesgo inaceptable ocasione lesiones físicas o daños a la salud humana de forma directa o indirecta, como resultado de un daño a la propiedad o al Medio Ambiente

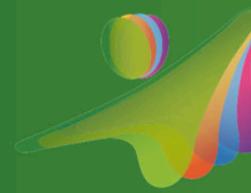
- **RIESGO**

Probabilidad de ocurrencia de un suceso con efectos adversos sobre la salud humana, los bienes materiales o el medio ambiente como consecuencias de la exposición de un riesgo a un peligro que pueda provocar un accidente

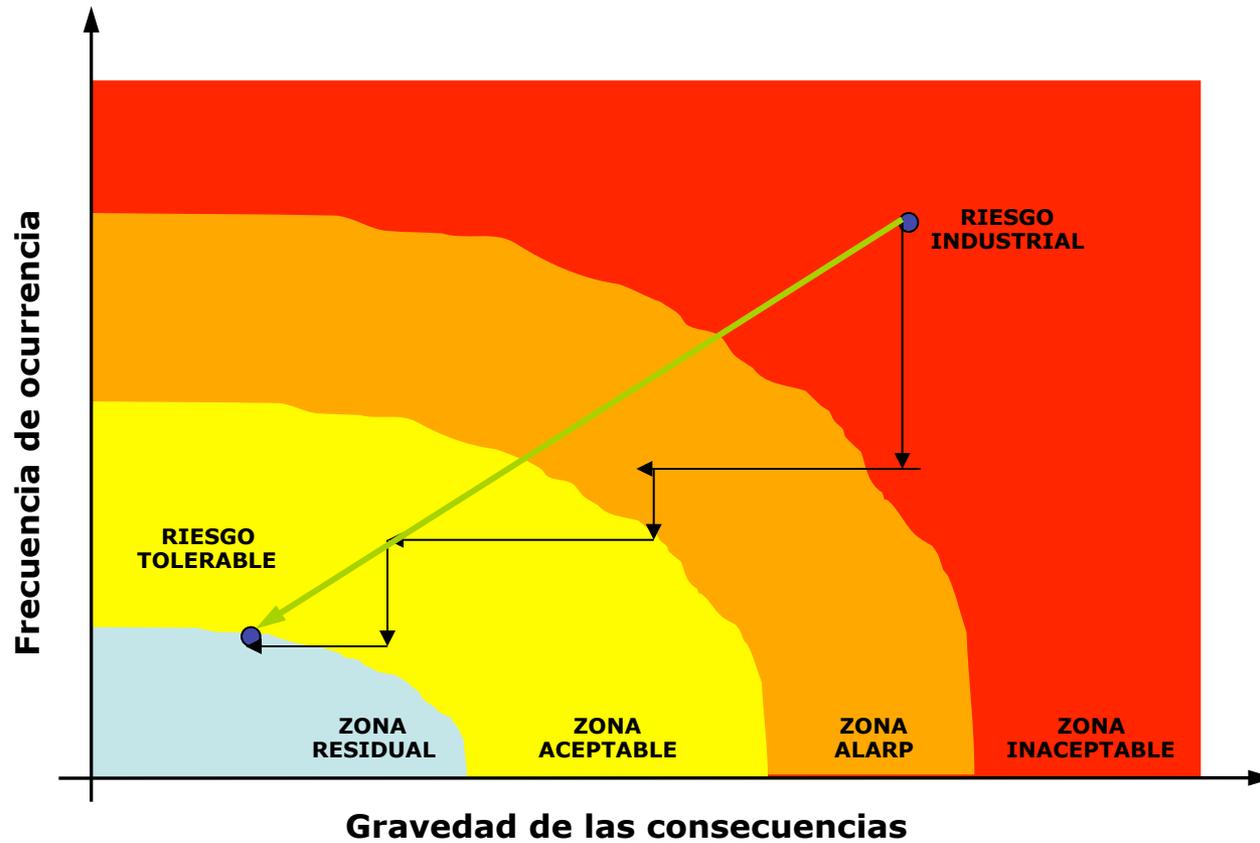
- **FRECUENCIA DE OCURRENCIA**
- **GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS**

$$R = f(f, c)$$

$$\text{Riesgo} \left[\frac{\text{muertes}}{\text{año}} \right] = \text{Frecuencia} \left[\frac{\text{accidentes}}{\text{año}} \right] \times \text{Consecuencias} \left[\frac{\text{muertes}}{\text{accidente}} \right]$$



PARÁMETROS DE RIESGO: FRECUENCIA Y GRAVEDAD





SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD

• ELEMENTOS DE GESTIÓN

1. Responsabilidad

Continuidad operaciones
Continuidad sistema
Expectativas de la compañía
Proceso de calidad
Métodos alternativos
Accesibilidad de gestión
Comunicaciones

2. Documentación y conocimientos de proceso

Definición y criterios
Diseño proceso y equipos
Memoria de la compañía
Análisis de riesgos
Capas de protección
Condiciones de operación
Salud ocupacional y químicos

3. Diseño y ampliación de plantas industriales

Procedimientos de requisición
Riesgos de viabilidad
Revisión de peligros
Emplazamiento y plot plan
Procedimientos de diseño
Gestión de proyectos

4. Gestión de riesgo de proceso

Identificación de peligros
Valoración de riesgos
Reducción de riesgo
Gestión riesgo residual
Respuesta frente a Emergencias

5. Gestión de cambios

Cambios de tecnología
Cambios de instalación
Cambios organizativos con impacto en el proceso
Procedimientos de cambio
Cambios temporales
Cambios permanentes

6. Integridad de equipos y proceso

Ingeniería de fiabilidad
Materiales de construcción
Fabricación e inspección
Instalación
Mantenimiento
Comisionado
Gestión de alarmas
De-comisionado

7. Factores humanos

Evaluación de error humano
Interfaz operador/proceso en equipos
Control administrativo
HW

8. Formación y realización

Capacidades y conocimientos
Programas de formación
Operación y mantenimiento
Cualificación inicial
Rendimientos
Programas de instrucción
Registros



SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD

- ELEMENTOS DE GESTIÓN

9. Investigación de incidentes

Incidentes graves
Informes de “por-casi-que”
Resolución y seguimiento
Comunicación
Informes de incidentes
Participación de agentes externos si se necesitan

10. Normas, regulaciones y leyes

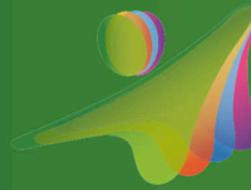
Normas internas, guías y prácticas
Normativas y guías externas

11. Auditorías y acciones correctivas

Auditorías seguridad de proceso
Revisión de conformidades
Resolución y procedimientos de cierre

12. Fortalecimiento de conocimientos en seguridad de procesos

Investigación interna y externa
Sistemas predictivos mejorados
Bases de datos y referencias

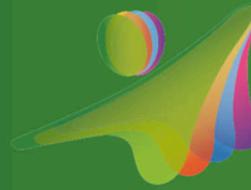


EVOLUCIÓN DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

**ACCIDENTES
GRAVES
HISTÓRICOS**



**MEJORAS DE
LA SEGURIDAD
INDUSTRIAL**

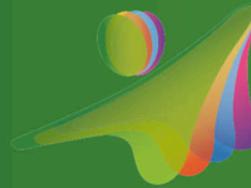


OBJETIVOS DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

ANTES
1º EVITAR
PÉRDIDAS
ECONÓMICAS

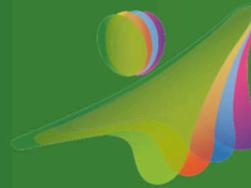


AHORA
1º EVITAR
PÉRDIDAS
HUMANAS



ACCIDENTE SEVESO, ITALIA (11/07/76)

- **Planta del grupo roche (ICMESA)**
- **Producción de triclorofenol para la fabricación de un producto desinfectante**
- **Un accidente en el proceso – disparo de un reactor - provocó la emisión de una nube de gases tóxicos con una alta proporción de dioxinas**
- **Localidad de Seveso (Italia), en donde 736 personas fueron evacuadas, unos 3.300 animales murieron, y unos 77.000 animales fueron sacrificados**



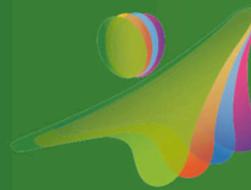
ACCIDENTE INDUSTRIAL EN BHOPAL, INDIA (3/12/84)

- **CAUSA DEL ACCIDENTE:** Hidrólisis de Isocianato de metilo al entrar agua en los depósitos de almacenamiento (la reacción provocó un aumento de la presión y la T^a en el tanque).
- **EFFECTOS DEL ACCIDENTE:** formación de una nube de gas Tóxico (Isocianato de metilo).
- **CONSECUENCIAS DEL ACCIDENTE:** 4.000 muertos y 200.000 intoxicados.



ACCIDENTE EN TOULOUSE, FRANCIA (21/9/2001)

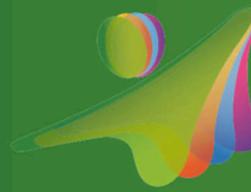
- **CAUSA DEL ACCIDENTE:** estallido de una cantidad desconocida de nitrato amónico, que produjo una onda expansiva de radio superior a 15 km.
- **EFFECTOS DEL ACCIDENTE:** formación de un cráter de 10 metros de profundidad por 50 de diámetro, derrumbe de varios edificios de la planta y destrucción de un almacén de electrodomésticos próximo a la fábrica.
- **CONSECUENCIAS DEL ACCIDENTE:** 26 muertos y 2.200 heridos
- **Otros Datos:** en la planta se almacenaban 6.300 tm de amoníaco líquido, 100 de cloro, 6.000 de nitrato amónico, 30.000 de abonos y 2.500 de metanol. La planta química AZF es una filial del grupo Total Fina Elf.

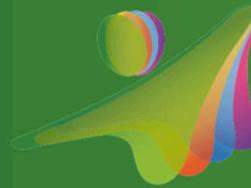


ACCIDENTE EN TEXAS CITY (23/3/2005)

➤ HECHOS

- Incendio y explosión en la Refinería de Texas City
- La tercera refinería más grande de los EE.UU.
- El peor accidente en los EE.UU ocurrido en más de una década
- 15 muertos
- 180 heridos
- Daños en casas ubicadas a más de tres cuartos de una milla (aprox. 1,2km) de la refinería
- Costo: \$1,5 billones





TENDENCIAS MODERNAS PARA MINIMIZACIÓN DE RIESGOS / ACCIDENTES

- **“DISEÑO INTRÍNSECAMENTE SEGURO”**
 - Selección de la mejor tecnología (moderna, más segura, respetuosa con el medio ambiente, etc)
 - Realización de HAZOP en todas las fases del “ciclo de vida” del proyecto.
 - Selección apropiada de materiales
 - Minimización de los almacenamientos de materias primas y productos (control de “stocks”)
 - Selección adecuada de las condiciones de operación y diseño



TENDENCIAS MODERNAS PARA MINIMIZACIÓN DE RIESGOS / ACCIDENTES

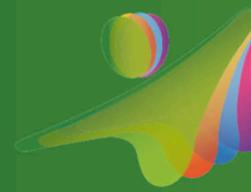
- **“CALIDAD”**
 - **Calidad, inspección y certificación**
 - **Control de cambios**
 - **Actualización de documentación**
 - **Traceabilidad de todos los procedimientos y tareas**
 - **Control de subcontratas**
 - **Etc.....**



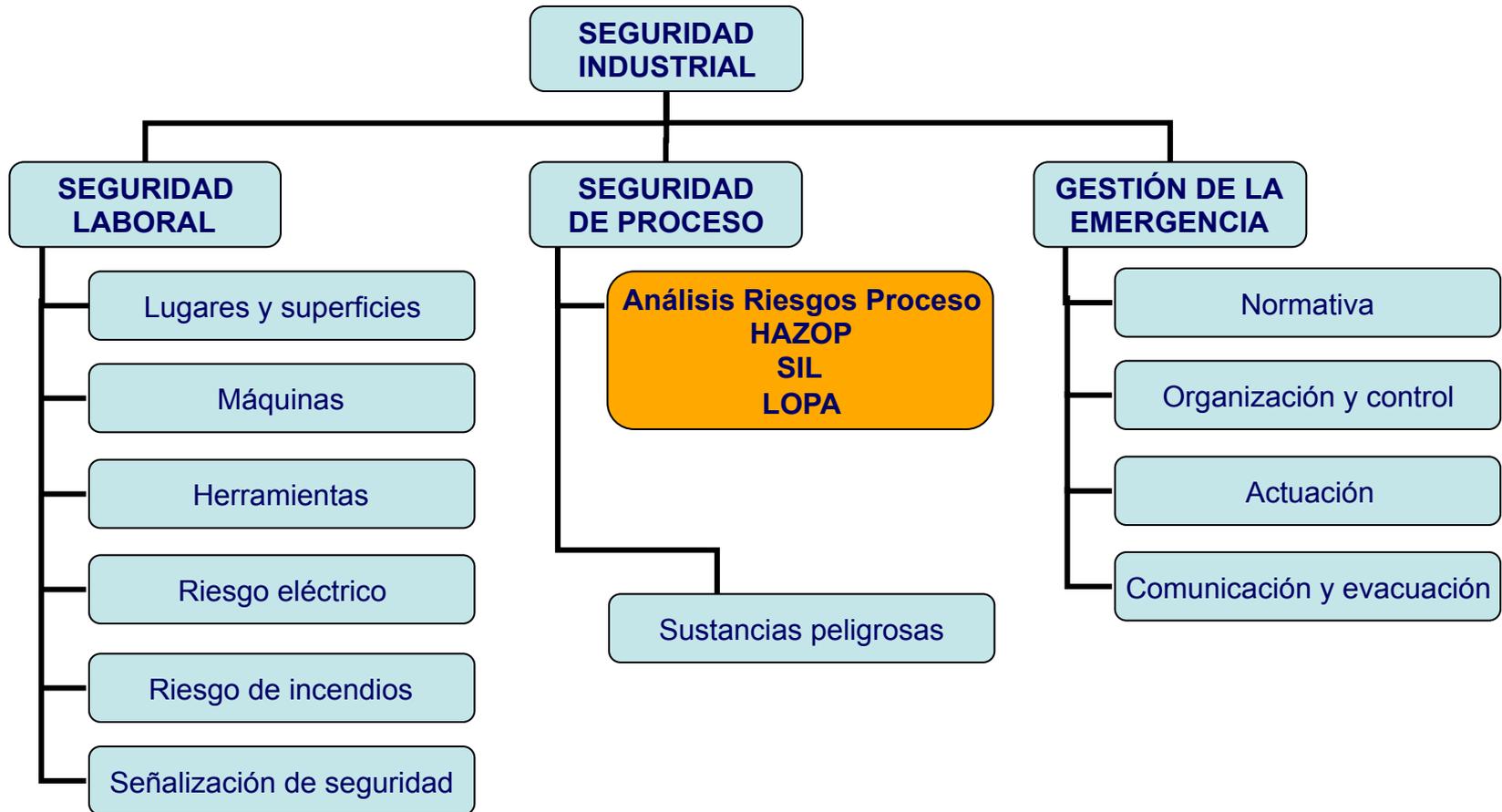
TENDENCIAS MODERNAS PARA MINIMIZACIÓN DE RIESGOS

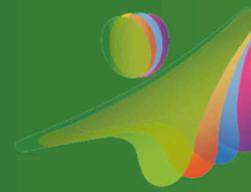
INTEGRACIÓN ENTRE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

- **PREVENCIÓN RIESGOS LABORALES : RIESGOS ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD DEL TRABAJADOR EN LA EMPRESA (solo aparecen si el trabajador está actuando)**
- **SEGURIDAD INDUSTRIAL : RIESGOS INHERENTES AL PROCESO PRODUCTIVO (están siempre latentes incluso sin presencia del trabajador)**

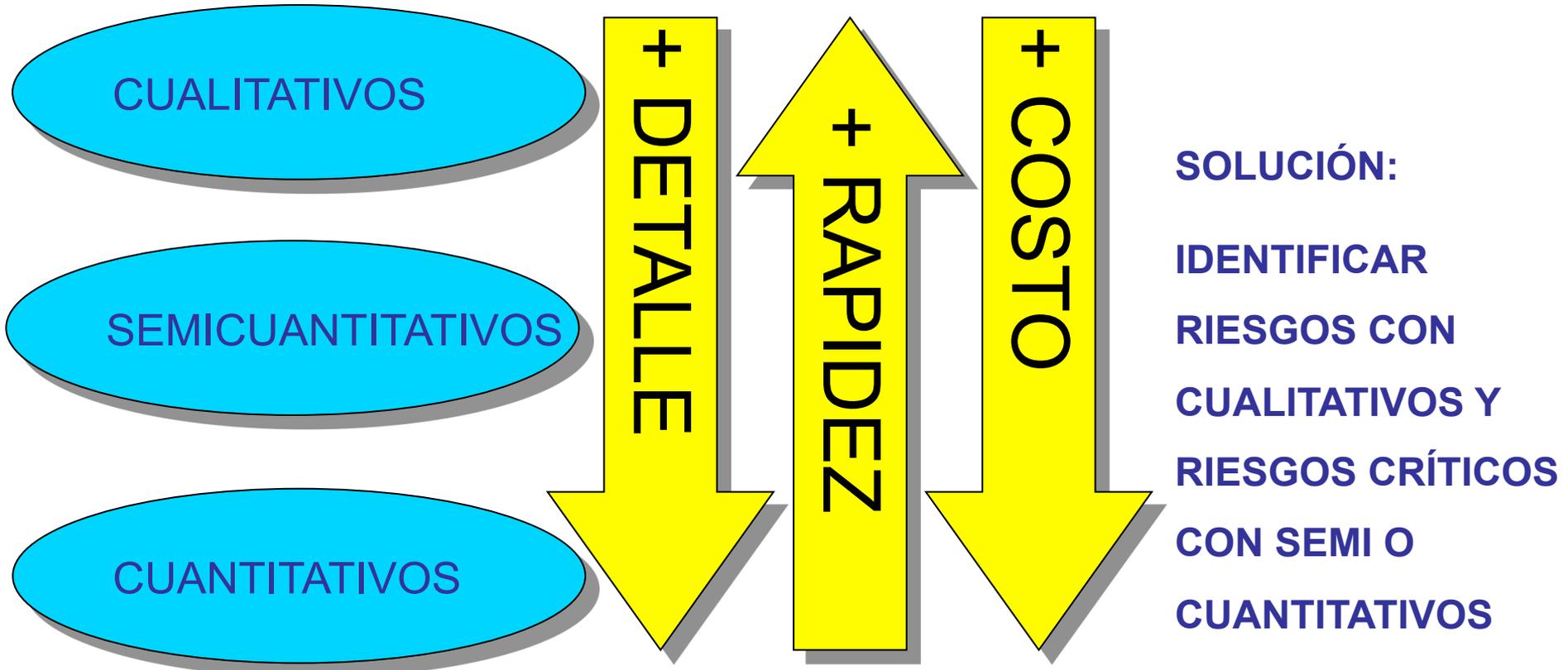


SEGURIDAD DE PROCESO





COMPARATIVA METODOS ANALISIS RIESGOS





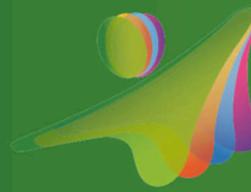
1. CUALITATIVOS

- **ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES (AHA)**
- **ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS (APR/PHA)**
- **WHAT IF?**
- **LISTAS DE CHEQUEO**
- **ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE TRABAJOS**
- **ANÁLISIS DE MODOS DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)**
- **HAZOP**



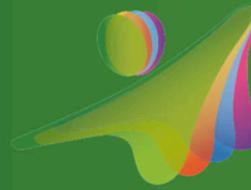
SEMICUANTITATIVOS

- **ÍNDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN (ÍNDICE DOW)**
- **ÍNDICE DE FUEGO, EXPLOSIÓN Y TOXICIDAD (ÍNDICE DE MOND)**
- **SIL**
- **ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO, EFECTOS Y CRITICIDAD (AMFE-FMECA)**



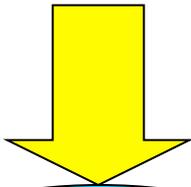
CUANTITATIVOS

- **ÁRBOLES DE FALLOS**
- **ÁRBOLES DE SUCESOS**
- **LOPA**
- **ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS
(ACR ó QRA)**

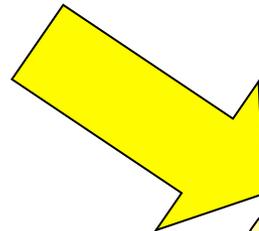


Origen del Método

IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES 1963



ANÁLISIS DE
PLANTAS DE
FABRICACIÓN
DE PESTICIDAS



ACTUALMENTE
HERRAMIENTA MÁS
UTILIZADA PARA
IDENTIFICACIÓN DE
RIESGOS

¿Qué es el HAZOP?

HAZOP

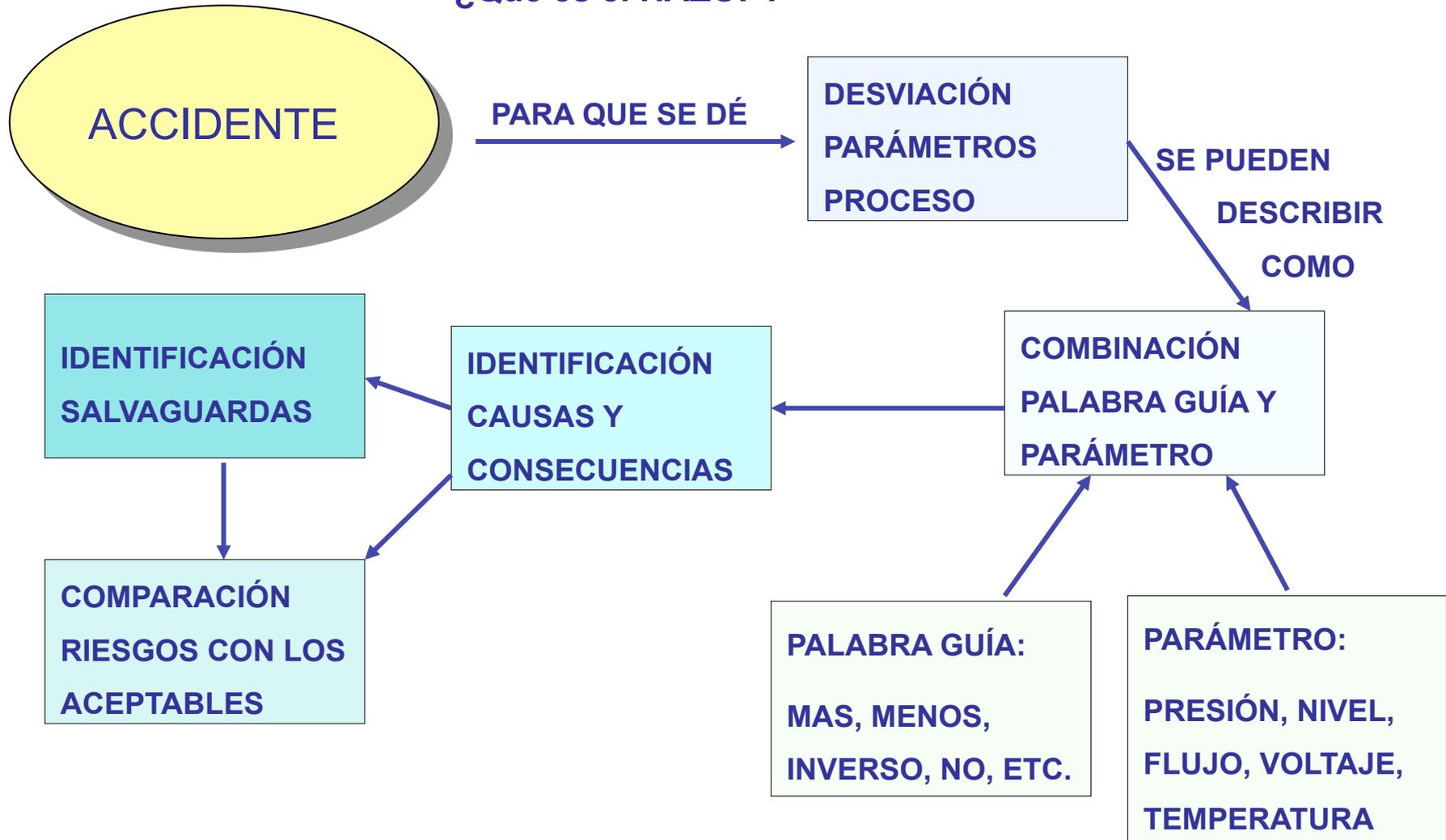


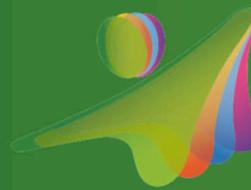
PRONÓSTICO DE
SUCESOS Y ANÁLISIS
DE LAS CAUSAS

COMPROBACIÓN RIGUROSA, SISTEMÁTICA, GUIADA Y CRÍTICA DE PROCESOS Y OBJETIVOS DE DISEÑO PARA PLANTAS NUEVAS Y EXISTENTES, BUSCANDO ESTIMAR EL POTENCIAL DE PELIGROSIDAD QUE PODRÍA GENERARSE POR ERRORES DE MANIPULACIÓN O MAL FUNCIONAMIENTO Y LOS EFECTOS QUE PODRÍAN PRODUCIRSE EN EL CONJUNTO DE LA INSTALACIÓN Y EL ENTORNO



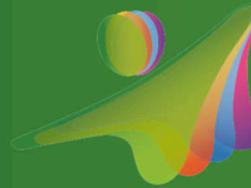
¿Qué es el HAZOP?





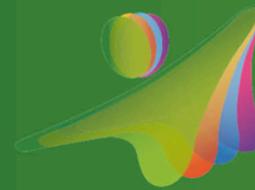
HAZOP (ÁMBITO Y CARACTERÍSTICAS)

- **TÉCNICA INDUCTIVA: LOS ACCIDENTES SE PRODUCEN COMO CONSECUENCIA DE UNA DESVIACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO CON RESPECTO DE LOS PARÁMETROS NORMALES DE OPERACIÓN**
- **EL MÉTODO UTILIZA UNA COMBINACIÓN DE DOS TÉCNICAS INDEPENDIENTES, PRONÓSTICO DE SUCESOS Y ANÁLISIS DE CAUSAS**
- **TÉCNICA MULTIDISCIPLINAR LIMITANDO EL NÚMERO DE ASISTENTES**
- **ANÁLISIS INDEPENDIENTE DE CUALQUIER FACTOR ECONÓMICO**



HAZOP (OBJETIVOS FUNDAMENTALES)

- REVISAR EL DISEÑO DEL PROCESO PARA ASEGURAR LA OPERACIÓN DE LA PLANTA EN CONDICIONES DE SEGURIDAD.
- VERIFICAR SI EXISTE ALGUNA DESVIACIÓN QUE PUEDA OCURRIR COMO RESULTADO DE UN FALLO DE CONTROL O DE UN FALLO DE OPERACIÓN QUE PUDIERA CONLLEVAR DAÑOS A LAS PERSONAS, A TERCEROS, A LOS BIENES, AL MEDIO AMBIENTE O A LA REPUTACIÓN DE LA COMPAÑÍA.
- ASEGURAR QUE SE HAN INCORPORADO SUFICIENTES SALVAGUARDAS EN EL DISEÑO.
- DETERMINAR SALVAGUARDAS ADICIONALES EN EL DISEÑO PARA REDUCIR EL RIESGO A UN NIVEL TOLERABLE.



ESTUDIO HAZOP

VENTAJAS

- ✓ CONTRASTAR DISTINTOS PUNTOS DE VISTA
- ✓ TÉCNICA SISTEMÁTICA
- ✓ NO REQUIERE RECURSOS ADICIONALES
- ✓ HERRAMIENTA AUDITABLE
- ✓ EQUIPO MULTIDISCIPLINAR
- ✓ CONCLUSIONES CLARAS Y FÁCILES DE SEGUIR
- ✓ “PROCESS DRIVEN”

INCONVENIENTES

- ✓ RECOMENDACIONES PUEDEN VERSE AFECTADAS POR ECONOMÍA
- ✓ NECESIDAD DE ACTUALIZACIÓN CON MODIFICACIONES
- ✓ DEPENDENCIA DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE
- ✓ TÉCNICA CUALITATIVA
- ✓ DEPENDENCIA DE EXPERIENCIA
- ✓ REQUIERE TIEMPO Y VARIAS DISCIPLINAS



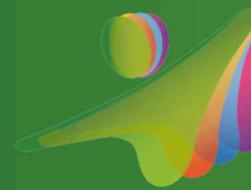
Aplicación de un HAZOP





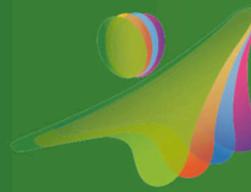
FASES DEL MÉTODO HAZOP

- 1. SELECCIÓN DE UNIDADES DE RIESGO: productos, proceso y condiciones de operación.**
- 2. SELECCIÓN DE NODOS: puntos en los que se pueda producir una variación significativa de alguna de las variables de proceso.**
- 3. DEFINICIÓN DE DESVIACIONES (PARÁMETRO + PALABRA GUÍA)**
- 4. ANÁLISIS DE POSIBLES CAUSAS**
- 5. IDENTIFICACIÓN DE CONSECUENCIAS**
- 6. INDICACIÓN/SEÑALIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN IMPLANTADA**
- 7. MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES (CONTROL, SEGURIDAD)**
- 8. CUANTIFICACIÓN DE RIESGOS RESIDUALES (SOLO SI SE DECIDE LA INTEGRACIÓN HAZOP / SIL)**
- 9. RECOMENDACIONES PROPUESTAS**



EJEMPLO DE HOJA HAZOP (HAZOP WORKSHEET)

NUDO	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIAS	SEÑALES INDICACIONES ALARMAS	CONTROL SISTEMAS SEGURIDAD	ACCIÓN	POR
Tanque almacenamiento ácido TK1235	Alto nivel	Cierre válvula salida Paro bombas salida P452 Fallo control nivel LC564	Sobrellenado con derrame de ácido al exterior, potencial daño medioambiental y posible daño a personal	Indicador de nivel Alarma de alto y muy alto nivel conectadas a SCD	Enclavamiento que por muy alto nivel desconecta las bombas de carga al tanque Cubeto Conexión de sobrellenado llevada a drenaje cerrado	Asegurar la aplicación de los procedimientos de operación y las normas de seguridad (GENERAL)	XX
	Bajo nivel	Fallo control nivel LC564 Fallo bombas carga ácido P888	Cavitación en bombas salida P452 con daño mecánico y potencial fuga de producto al exterior con daño medioambiental y posible daño a personal	Indicador de nivel Alarma de bajo nivel conectadas a SCD	Ninguno	Implementar nuevo enclavamiento que arranque automáticamente la bomba reserva de carga P888 en caso de muy bajo nivel en el tanque TK1235 (NECESIDAD DE SIS Y ASIGNACIÓN/ VERIFICACIÓN DE SIL)	GG



Términos Generales del Estudio

➤ **PARÁMETRO**

- ✓ **VARIABLE FÍSICA QUE ANALIZAMOS.**
- ✓ **HAY QUE SELECCIONAR LOS PARÁMETROS IMPORTANTES PARA CADA NODO**

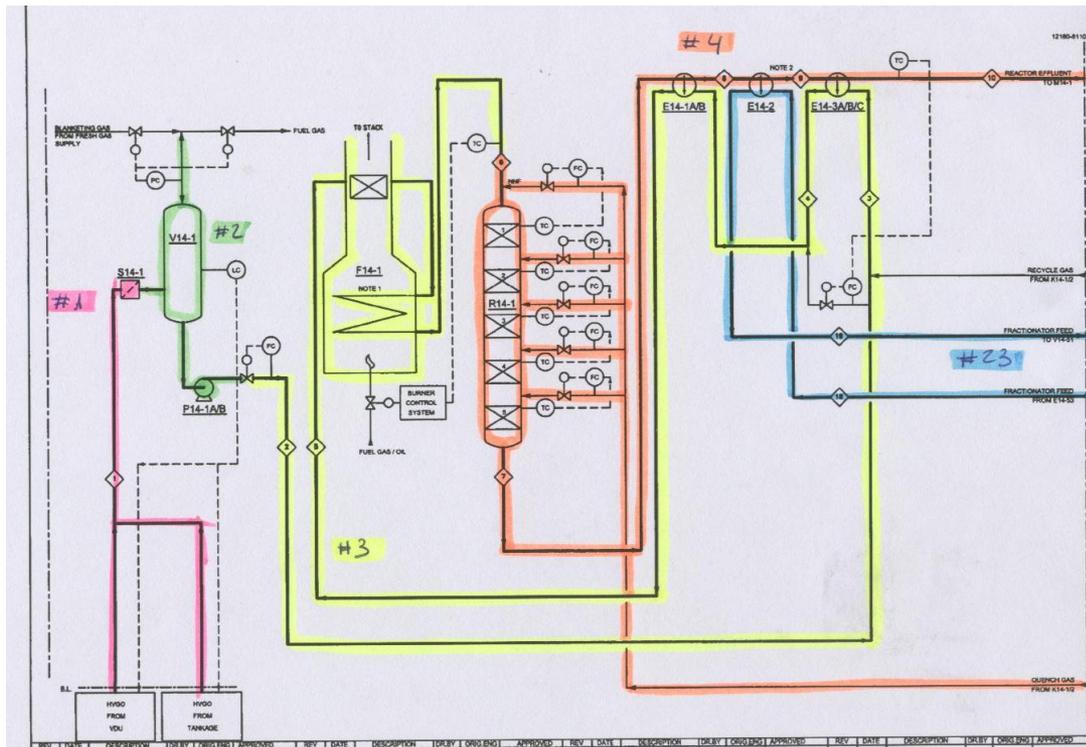
- ▶ **Nivel**
- ▶ **Presión**
- ▶ **Flujo-Caudal**
- ▶ **Voltaje**
- ▶ **Temperatura**
- ▶ **Composición**
- ▶ **Contaminación**
- ▶ **Vibración**
- ▶ **Intensidad**
- ▶ **Frecuencia**
- ▶ **Aislamiento**
- ▶ **Servicios- utilities**

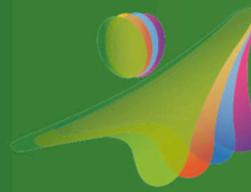


Términos Generales del Estudio

➤ NODO

- ✓ SUBSISTEMA ESTUDIADO PARA SIMPLIFICAR EL ESTUDIO.
- ✓ SE DEBE DIVIDIR EL SISTEMA EN NODOS QUE SE COMPORTEN DE MANER PARECIDA EN EL SISTEMA.





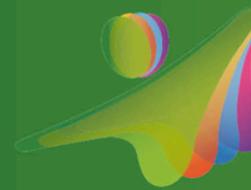
Términos Generales del Estudio

➤ PALABRA GUÍA

✓ PALABRAS QUE APLICADAS A LOS DISTINTOS PARÁMETROS NOS VAN A DAR LA DESVIACIÓN.

- ▶ Más
- ▶ Menos
- ▶ No
- ▶ Inverso
- ▶ Parte de





Términos Generales del Estudio

➤ DESVIACIÓN

- ✓ EL ACCIDENTE OCURRE POR UNA DESVIACIÓN DE LOS PARÁMETROS NORMALES DE OPERACIÓN.
- ✓ SE CREA CON LA APLICACIÓN DE LA PALABRA GUÍA Y EL PARÁMETRO.
- ✓ SE DEBE CONCRETAR EN LO POSIBLE.

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN
Presión	Más	Más Presión aguas arriba de la válvula XV-000
Nivel	Menos	Menos nivel en el depósito V-990
Flujo	Inverso	Flujo inverso a través del filtro
Temperatura	Más	Más temperatura en el sistema
Composición	No	No contenido de XX en la corriente

SALVAGUARDAS

Planes de Contingencia para la comunidad

Planes de contingencia de la planta

Protecciones Físicas (Diques de Contención)

Protecciones Físicas (Válvulas de alivio)

Sistema Instrumentado de Seguridad

Alarmas Críticas, Swiches, Sensores etc. Inter. Operador

Sistema Básico de Control de Procesos (BPCS)

Proceso





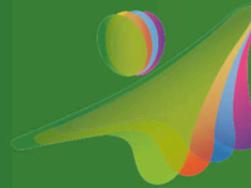
EFECTOS DE LOS ACCIDENTES

- 1) **SEGURIDAD** : Sobre el personal y/o sobre la población vecina

- 2) **ECONÓMICOS** : Pérdida de bienes y equipos materiales y/o pérdida de producción

- 3) **MEDIOAMBIENTALES** : Localizados dentro de la instalación ó con consecuencias en los alrededores. Implican indirectamente efectos de seguridad y económicos

- 4) **IMAGEN CORPORATIVA**

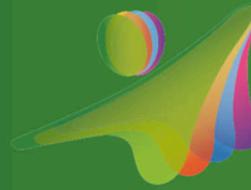


LOS RIESGOS SON IMPOSIBLES DE ELIMINAR POR COMPLETO:

LA EMPRESA DETERMINA SI:

- RIESGO ACEPTABLE
- RIESGO NO ACEPTADO: RECOMENDACIÓN
- RIESGO TOLERABLE: SE REDUCE SI “VALE LA PENA”





Uso de Matrices de Riesgo, Riesgo Tolerable

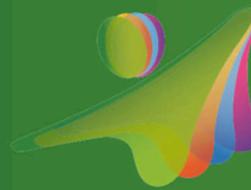




Uso de Matrices de Riesgo, Riesgo Tolerable

Ejemplo 2:

Ranking de Consecuencias	Descripción cualitativa del escenario en función del tipo de fluido y de las condiciones de proceso
1 (Bajo)	Escape de fluido no inflamable, no explosivo, no corrosivo y/o no tóxico a baja temperatura (<50 °C) y baja presión (<3 barg). Sin consecuencias sobre el personal e impacto medioambiental despreciable
2 (Moderado)	Contaminación cruzada provocada por rotura de tubos Consecuencias moderadas (solo heridos) sobre el personal e impacto medioambiental moderado
3 (Alto)	Escape de fluido inflamable, explosivo, corrosivo y/o tóxico a baja temperatura (<50 °C) y baja presión (<3 barg) Consecuencias graves sobre el personal (heridos e incluso una víctima mortal) e impacto medioambiental potencialmente alto dentro de la instalación
4 (Crítico)	Escape de fluido inflamable, explosivo, corrosivo y/o tóxico a temperatura (>50 °C) y presión (>3 barg) Consecuencias muy graves sobre el personal (heridos y múltiples víctimas mortales) e impacto medioambiental potencialmente alto dentro de la instalación e incluso efecto dominó a los vecinos



Uso de Matrices de Riesgo, Riesgo Tolerable

Ejemplo 2:

Ranking de Frecuencia	Descripción
1 (Muy baja)	Una vez cada 100 años
2 (Baja)	Una vez cada 30 años
3 (Moderada)	Una vez cada 10 años
4 (Frecuente)	Una vez al año

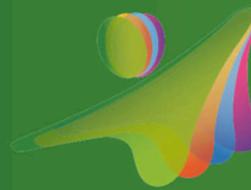


Uso de Matrices de Riesgo, Riesgo Tolerable

Ejemplo 2:

RANKING FRECUENCIA	4	B	C	D	D
	3	B	C	C	D
	2	A	B	C	C
	1	A	A	B	B
		1	2	3	4
	RANKING CONSECUENCIAS				

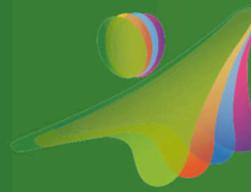
Ranking de Riesgos	Categoría	Descripción de las acciones a realizar
A	Aceptable	El diseño es aceptable en su forma actual sin acciones adicionales ni nuevas salvaguardas
B	Tolerable	El diseño es aceptable en su forma actual aunque se debería bajar lo máximo que sea razonablemente posible.
C	Indeseable	Las consecuencias del escenario propuesto durante el HAZOP deben ser mitigadas proponiendo nuevas salvaguardas que aseguren alcanzar como mínimo una categoría "B" en esta misma tabla.
D	Inaceptable	Hay que rediseñar el sistema para que el riesgo quede en la zona B como máximo.



Aplicación de un HAZOP



- ✓ **CLARA Y CONCISA**
- ✓ **SUGERENCIAS**
- ✓ **ASIGNADA A DISCIPLINA**
- ✓ **SEGUIMIENTO**
- ✓ **CONTESTACIÓN DE RECOMENDACIONES PARA AUDITAR**



ANÁLISIS DE INTEGRIDAD PARA LA SEGURIDAD (SIL)

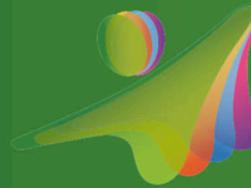
- **DESARROLLADO POR LA IEC**
- **SE BASA EN EL TÉRMINO DE RIESGO ACEPTABLE, Y HACE QUE UN RIESGO SE CUBRA CON DIFERENTES SALVAGUARDAS Y QUE A LAS FUNCIONES INSTRUMENTADAS DE SEGURIDAD SE LE ASIGNA UN NIVEL DE FIABILIDAD (NIVEL SIL)**
- **SIF: Función Instrumentada de Seguridad**
- **SIL: Nivel de Integridad para la Seguridad**



ANÁLISIS DE INTEGRIDAD PARA LA SEGURIDAD (SIL)

- LOS NIVELES DEL SIL VAN DE 0 A 4 (EN INDUSTRIA DE PROCESO NO SE ACEPTA 4)

SIL	RRF (Risk Reduction Factor)	PFDavg (1 / RRF)	Safety Availability (1 – PFDavg)
1	10 to 100	10^{-1} to 10^{-2}	90-99%
2	100 to 1,000	10^{-2} to 10^{-3}	99-99.9%
3	1,000 to 10,000	10^{-3} to 10^{-4}	99.9-99.99%
4	10,000 to 100,000	10^{-4} to 10^{-5}	99.99-99.999%



ANÁLISIS DE INTEGRIDAD PARA LA SEGURIDAD (SIL)

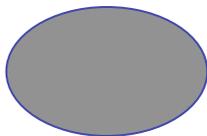
- **SE RIGE POR NORMATIVA INTERNACIONAL DE NO OBLIGADO CUMPLIMIENTO (IEC-61508/61511 ANSI-ISA 84.00)**
- **EL NIVEL DE SIL SE PUEDE DETERMINAR POR MATRICES DE RIESGO, GRÁFICAS DE RIESGO Y ANÁLISIS LOPA**
- **NO IDENTIFICA RIESGOS, SOLO LOS EVALÚA**
- **CONTEMPLA TODA LA VIDA DE UNA SIF (DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN, MANTENIMIENTO, ETC.)**

ANÁLISIS DE INTEGRIDAD PARA LA SEGURIDAD (SIL)

➤ UNA SIF SE COMPONE DE 3 PARTES:

- 1) INICIADOR(ES)
- 2) LÓGICA
- 3) ELEMENTO(S) FINAL(ES)

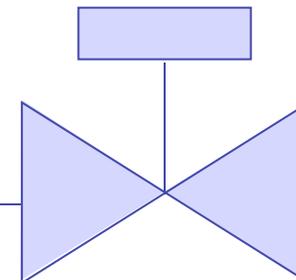
Iniciador

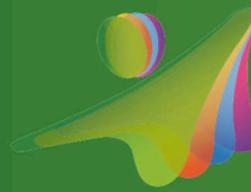


Lógica



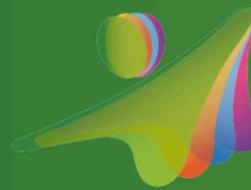
Elem. Final





DETERMINACIÓN DEL SIL

- **El SIL es “simplemente” un Factor de Reducción del Riesgo**
- **Aplica a un peligro determinado**
- **Es necesario conocer:**
 - ***Riesgo asociado al peligro***
 - ***Reducción del riesgo por otras medidas (no instrumentadas)***
 - ***Riesgo tolerable “objetivo”***



MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL SIL

- **Gráfico de Riesgo Calibrado**
- **Análisis de las Capas de Protección Independientes (LOPA)**
- **Matrices de Riesgo**
- **Métodos cuantitativos**
 - **Análisis de Árbol de Fallos**
 - **Análisis Cuantitativo del Riesgo**



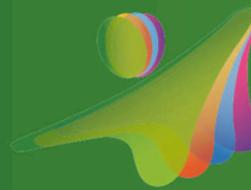
ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN (LOPA)

- **A PARTIR DE UN EVENTO, SE CALCULA (NO GRÁFICAMENTE) LA PROTECCIÓN DE LAS DISTINTAS SALVAGUARDAS.**
- **LAS SALVAGUARDAS QUE CUMPLEN CON UNOS REQUISITOS SE DENOMINAN IPL Y SON LAS ÚNICAS QUE SE TIENEN EN CUENTA EN LOS CÁLCULOS**
- **A UN NIVEL DE CONSECUENCIAS SE LE ASIGNA UN VALOR LÍMITE DE FRECUENCIA (FRECUENCIA TOLERABLE).**



ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN (LOPA)

- **SE CALCULA LA FRECUENCIA DEL EVENTO SIN MITIGACIONES, Y A ESTE SE LE ASOCIA LOS VALORES DE MITIGACIÓN (CREDITOS) DE LAS DIFERENTES IPLS.**
- **LA DIFERENCIA ENTRE LA FRECUENCIA MITIGADA Y LA ACEPTABLE DEBE SER CUBIERTA CON UNA RECOMENDACIÓN BASÁNDONOS EN LOS MISMOS CRITERIOS DE CÁLCULO**



ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN (LOPA)

➤ PARA QUE UNA SALVAGUARDA SEA UNA IPL DEBE:

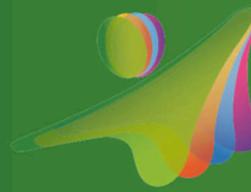
- INDEPENDENCIA
- FUNCIONALIDAD
- INTEGRIDAD
- FIABILIDAD
- AUDITABILIDAD
- CONTROL DE ACCESOS
- GESTION DEL CAMBIO



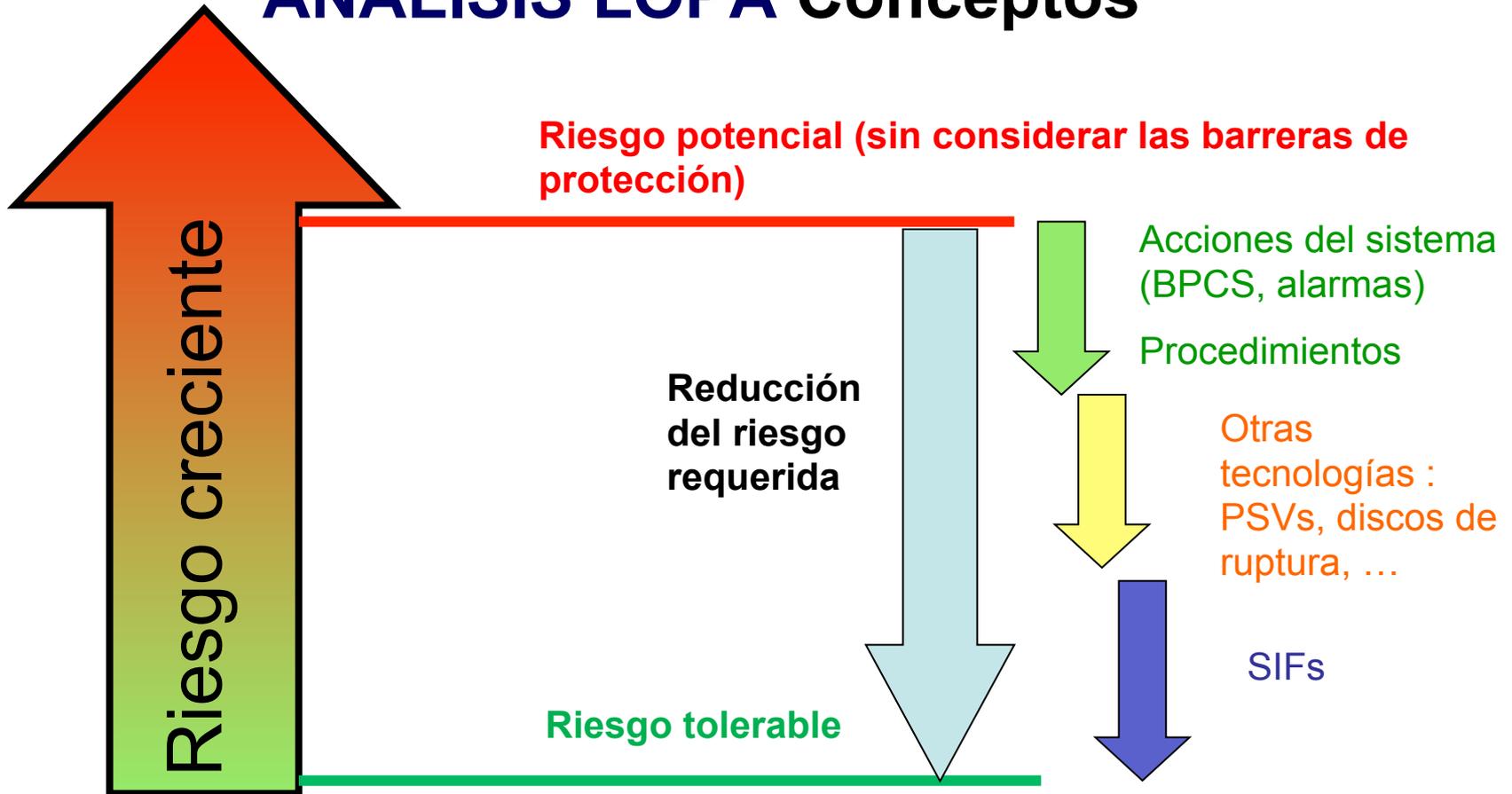


ANÁLISIS LOPA

- Similar al HAZOP en cuanto a estructuración causas / consecuencias / salvaguardas.
- Más complicado de aplicar que el gráfico de riesgos.
- Se obtiene un valor requerido de reducción del riesgo, no sólo un SIL.
- Clasificado como semicuantitativo: necesita algunos elementos cualitativos (subjetivos!)



ANÁLISIS LOPA Conceptos





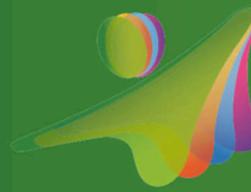
ANÁLISIS LOPA Resumen Etapas

- Definir el escenario a estudiar (causa + consecuencia).
- Estimar el riesgo potencial (severidad, frecuencia, factor de exposición...) del evento no mitigado.
- Definir el riesgo tolerable (máxima frecuencia tolerable del evento mitigado).
- Analizar las Capas de Protección. Establecer las Capas de Protección Independientes y asignarles un factor de reducción de riesgo.
- Estimar el “safety gap”: reducción de riesgo requerida. Si faltan capas de protección se debe valorar cual es la más adecuada y repetir el procedimiento hasta que no haya “safety gap”.



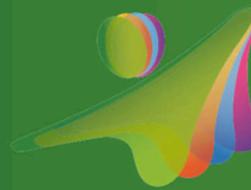
ANÁLISIS LOPA Capas de Protección

- Las medidas de seguridad identificadas durante la sesión LOPA son candidatas a ser capas independientes de protección (IPLs):
 - Sistema de control de proceso
 - Alarmas y acciones de operarios
 - Barreras activas:
 - eventos de seguridad,
 - sprinklers, cortinas de agua, diluvio...
 - Puede que no todas estas capas sean capas de protección independientes
- “Toda IPL es salvaguarda (Hazop) pero no toda salvaguarda (Hazop) es IPL”



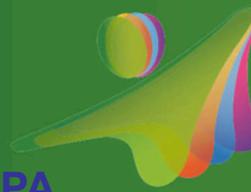
CAPAS DE PROTECCIÓN INDEPENDIENTES

- Para que una salvaguarda sea IPL, ésta debe cumplir:
 - Específica, diseñada para evitar o atenuar las consecuencias de un evento potencialmente peligroso.
 - Independiente del evento iniciador y del resto de IPLs
 - Efectivas previniendo las consecuencias para las que ha sido diseñada,
 - Auditables



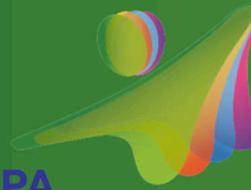
¿LA CAPA DE PROTECCIÓN ES EFICAZ?

- **Bien diseñada**
 - Por ejemplo: ¿la capacidad de descarga de una válvula es suficiente para evitar la sobrepresión?
- **Suficientemente rápida**
 - Por ejemplo: un detector para la introducción de gas a un quemador si la concentración se acerca al LIE. Este instrumento detecta y actúa antes que el gas alcance el quemador?
- **Suficientemente resistente**
 - Por ejemplo: ¿las tuberías y los otros equipos (torre de lavado, catch tank) de un sistema de descarga de emergencia resistirían el aumento de presión debida a la apertura del disco de ruptura?



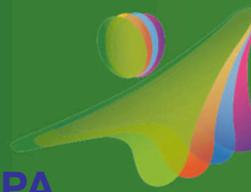
ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN (LOPA)

FICHA DE ANÁLISIS LOPA					
NODO	1	PARÁMETRO		PRESIÓN	
CONSECUENCIAS		SEG	FIN	M. AM.	GLOB
Posible daño mecánico debido a la sobrepresión. Fuga de hidrocarburos al exterior, riesgo de incendio.		C	B	A	3
CAUSAS:					
Agua en la alimentación al tren de intercambiadores previos al horno					
Frecuencia sin mitigación:		Prob	Frec (año-1)	-log (frec)	
Frecuencia del evento			1·10 ⁻²	2	
Probabilidad de Presencia del personal		0,25			
Probabilidad de muertes		0,75			
FRECUENCIA SIN MITIGACIÓN			1,9·10⁻³	2,72	



ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN (LOPA)

FICHA DE ANÁLISIS LOPA (cont)			
CAPAS DE PROTECCIÓN (REDUCCIÓN RIESGO)			
1. BPCS, SUPERVISIÓN OPERADOR, ALARMAS			
2. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO			
3. ALARMAS CRÍTICAS, INTERVENCIÓN HUMANA	PAH-1069 PAH-1066	10⁻¹	1
4. SIF, ESD			
5. PROTECCIÓN PASIVA			
6. MEDIDAS DE CONTENCIÓN			
7. RESPUESTA DEL PLAN DE EMERGENCIA			
OTRAS MEDIDAS DE SEGURIDAD (NO IPL VÁLIDA O SIN VERIFICAR)			
PSV EN LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN / PSV 1 /PSV 2 (TODAS SIN VERIFICAR)			
REDUCCIÓN DE RIESGO		10⁻¹	1



ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN (LOPA)

FICHA DE ANÁLISIS LOPA (cont)		
FRECUENCIA SIN MITIGACIÓN	$1,9 \cdot 10^{-3}$	2,72
REDUCCIÓN DE RIESGO	10^{-1}	1
FRECUENCIA MITIGADA	$1,9 \cdot 10^{-4}$	3,72
FRECUENCIA TOLERABLE	10^{-4}	4
DIFERENCIA	0,53	0,27
RECOMENDACIÓN		
<p>Estudiar si las PSVs del tren de intercambio están diseñadas para aliviar la sobrepresión provocada por la posible vaporización del agua en el sistema. Si son válidas la reducción de riesgo sería de 10 (probabilidad de fallo 10^{-1}) (servicio sucio), y es mayor que la diferencia, por lo tanto el escenario estaría cubierto.</p> <p>Si no implementar un SIF que en caso de alta presión, corte la alimentación al tren de calentamiento, con requerimientos de SIL1.</p>		



CONGRESO DE
SEGURIDAD Y SALUD
EN EL TRABAJO

