

GESTIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGO EN PROCESOS INDUSTRIALES



ING. WALTER PLAZA





TEMARIO

Repaso “Gestión y Análisis de Riesgos”

Definiciones y Conceptos de la Gestión y el Análisis de Riesgo de Proceso

Impacto del Cambio Climático

Gestión del Riesgo

Normativas, Estándares y Guidelines de Seguridad de Proceso

Análisis de Riesgos – Técnicas

Riesgos de Procesos asociados a nuevas demandas Globales

H2

Litio

Paneles fotovoltaicos

Energía Nuclear

Safety 4.0 – Digital PHA (Process Hazard Analysis)



OBJETIVO DEL CURSO

- El objetivo de esta Charla es repasar cómo las Empresas pueden integrar a sus Sistemas de Gestión una base para la Identificación de los Peligros, la Evaluación del Riesgo y la Gestión de la Seguridad de sus Procesos Industriales.
- Compartir las herramientas y técnicas disponibles para el Análisis de Riesgo del Proceso con el fin de desarrollar un diseño inherentemente seguro.
- Comprender cómo el Cambio Climático está incrementando los Riesgos en los Procesos Industriales.
- Repasar algunas Normas Nacionales e Internacionales relacionadas a la Seguridad de Proceso.
- Realizar una introducción en los Riesgos de Procesos asociados a nuevas demandas Globales y nuevas tecnologías aplicadas - Safety 4.0 – Digital PHA (Process Hazard Analysis)



VIDEOS

Videos

Definiciones y Conceptos de la Gestión y el Análisis de Riesgo

Gestión del Riesgo

Normativas, Estándares y Guidelines de Seguridad de Proceso



Xidomega

Acero líquido con alto contenido de carbono "hierve" en un horno de arco después de haber sido inyectado con demasiado oxígeno







MODELO DEL QUESO SUIZO

Videos

Modelo de Accidentalidad

Definiciones y Conceptos de la Gestión y el Análisis de Riesgo

Gestión del Riesgo

Normativas, Estándares y Guidelines de Seguridad de Proceso

MODELO DE ACCIDENTALIDAD



MODELO DE ACCIDENTALIDAD

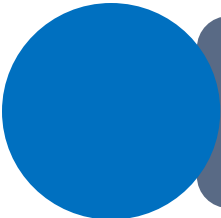


AGUJEROS

1. POBRE ANÁLISIS DEL RIESGO
2. PROCEDIMIENTOS AMBIGUOS O INAPLICABLES
3. POBRE COORDINACIÓN / PLANIFICACIÓN
4. MANTENIMIENTO INADECUADO
5. ASIGNACIÓN INADECUADA DEL PERSONAL
6. ENTRENAMIENTO DE POBRE CALIDAD
7. COMUNICACIÓN INEFICIENTE

BARRERAS

1. PROCEDIMIENTOS / ESTÁNDARES
2. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EFECTIVOS
3. CONTROL / REVISIÓN / VERIFICACIÓN
4. CORRECTO MANEJO DEL CAMBIO
5. CULTURA LOCAL CONFIABLE
6. PROCESOS DE TRABAJO - ESTANDARIZACIÓN



GESTIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGO

Videos

Modelo de Accidentalidad

Definiciones y Conceptos de la Gestión y el Análisis de Riesgo

Gestión del Riesgo

Normativas, Estándares y Guidelines de Seguridad de Proceso

GESTIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGO - Definiciones

Un hombre inteligente es aquel que encuentra el camino para salir de una situación desagradable en la que un hombre sabio nunca se hubiera metido.

citado por Trevor Kletz en *Process Plants*:

A Handbook for Inherently Safer Design

PELIGRO ¹ AICHE Center for Chemical Process Safety

Condición física o química que tiene el potencial de causar daños a las personas, al medio ambiente o a los bienes. Los peligros de proceso pueden ser de naturaleza física, química, mecánica o eléctrica. Se identifican y registran de modo estructurado mediante técnicas PHA.

Ejemplos

Amoníaco – tóxico por inhalación

Nafta – inflamable

Maquinaria en movimiento - energía cinética, puntos de atrapamiento

RIESGO

Es una medida o índice que combina la **severidad y la probabilidad** (a veces incluye un factor de exposición) asociados a un peligro identificado.

GESTIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGO - Definiciones

GESTIÓN DEL RIESGO / PROCESS SAFETY MANAGEMENT

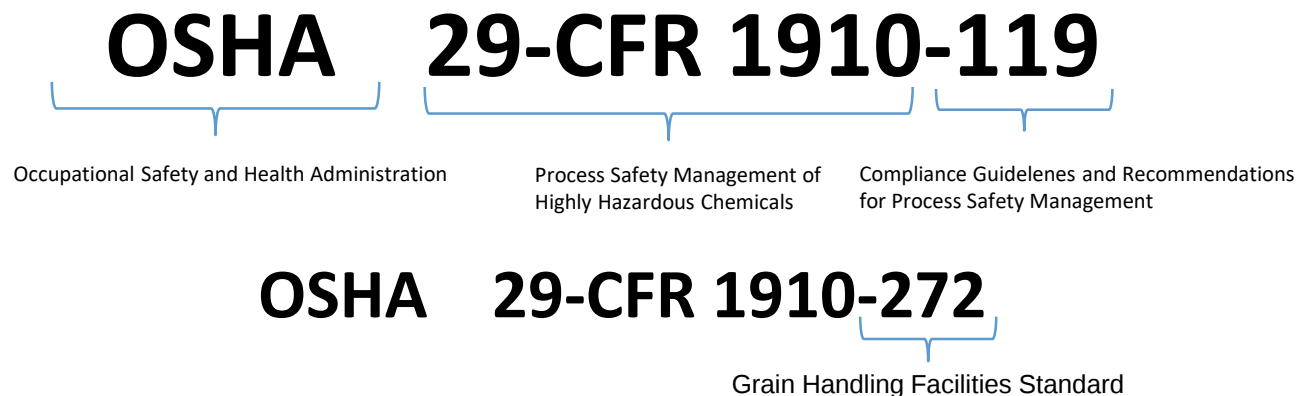
Es la identificación sistemática y proactiva del riesgo, sumado a la evaluación, mitigación y prevención de emisiones de sustancias químicas que pueden ocurrir como resultado de fallas en los procesos, procedimientos o equipos.

Normativas mas conocidas:

OSHA PSM 29 CFR 1910-119

EPA RMP 40 CFR 68

SEVESO II SMS 96/82/CE de la UE



1984 – Bhopal, India – Fuga de Material Tóxico

Mas de 40.000 muertes en total.

Infinidad de lesiones severas fuera de la planta industrial



1984 – Ciudad de México – Explosión

300 muertes (la mayoría fuera del Complejo)

U\$20M daños



1988 – Norco, Luisiana – Explosión

7 muertes, 42 heridos en el complejo

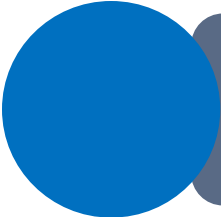
\$400M+ daños



1989 – Pasadena, TX – Explosión y Fuego

23 muertes, 130 heridos; daños \$800M+





GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

Videos

Modelo de Accidentalidad

Definiciones y Conceptos de la Gestión y el Análisis de Riesgo

Gestión del Riesgo de Proceso

Normativas, Estándares y Guidelines de Seguridad de Proceso

GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

¿Qué cubre la Gestión del Riesgo? - OSHA PSM 1910.119

- ✓ Información de Seguridad de Proceso – 6.11
- ✓ Participación de los empleados – 5.4
- ✓ **Análisis de Riesgo de Proceso** – 6.1.2
- ✓ Procedimientos Operativos – 8.1
- ✓ Entrenamiento – 7.2
- ✓ Revisión de Seguridad del Pre-Startup – 8.1
- ✓ Integridad Mecánica – 8.1
- ✓ Trabajo en Caliente – 8.1
- ✓ Gestión del Cambio – 8.1.3
- ✓ Investigación de Incidentes – 10.2
- ✓ Planificación y Respuesta a la Emergencia
- ✓ Auditorías de Cumplimiento – 9.1.2
- ✓ Contratistas – 8.1.4
- ✓ Seguridad Patrimonial

GESTIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGO

1. Información de seguridad de procesos

- Diagramas de cañerías e instrumentos (P&IDs)
- Lógica de control.
- Información de instrumentación crítica de seguridad de procesos
- Información sobre los procesos químicos
- Clasificación Eléctrica de Área
- Procedimientos operativos críticos para la seguridad de procesos
- Fichas de datos de Seguridad



GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

A) Información básica:

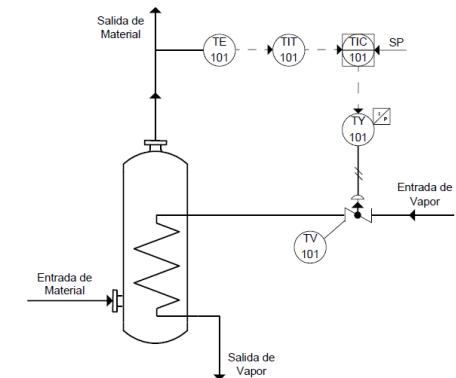
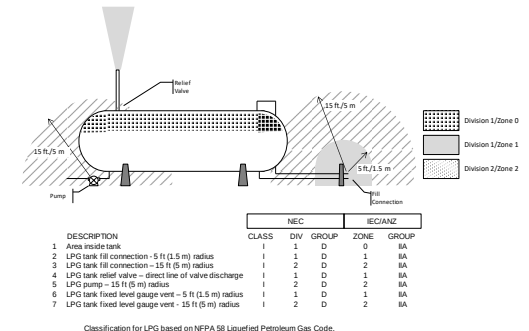
- Fichas de datos de seguridad de químicos peligrosos e inventarios
- Diagramas de bloques o diagramas básicos de proceso
- Planos de localización de la instalación

B) Información complementaria:

- Diagramas de tuberías e instrumentos (P&ID's)
- Diagramas de flujos (PFD's)
- Balances de materia y energía.
- Lógica de control y característica de la tecnología utilizada.
- Información de instrumentación crítica de seguridad de proceso
- Información sobre los procesos químicos.

C) Información de detalle:

- Hojas de especificación de equipos.
- Isométricos de tuberías.
- Procedimientos operativos críticos para la seguridad de proceso.
- Procedimientos de emergencia



GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO



Argentina

AEA 90079 - IRAM – IEC 60079: Atmósferas Explosivas

Parte 10.1 – **Clasificación de áreas** – Atmósferas gaseosas explosivas

Parte 10. 2 – **Clasificación de áreas** – Atmósferas explosivas de polvo.

Parte 14 – Proyecto, selección y montaje de las instalaciones eléctricas.

Parte 17 – Inspección y Mantenimiento

¿Cuál es la equivalencia entre distintas zonas o divisiones según la normativa aplicada?

Presencia de atmósfera explosiva	Normativa	Continua		Intermitente		En condiciones Anormales	
		GASES	POLVOS	GASES	POLVOS	GASES	POLVOS
Argentina	IEC	Zona 0	Zona 21	Zona 1	Zona 21	Zona 2	Zona 22
Europa	CENELEC		Zona Z(10)		Zona Z(10)		Zona Z(11)
Norte América	NEC	División 1				División 2	
	NEC 505	Zona 0		Zona 1		Zona 2	

GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

2. Participación de los Empleados

- Identificación de Peligros y Cuasi - Incidentes
- Investigación de Incidentes
- Modificaciones/ Nuevos Proyectos



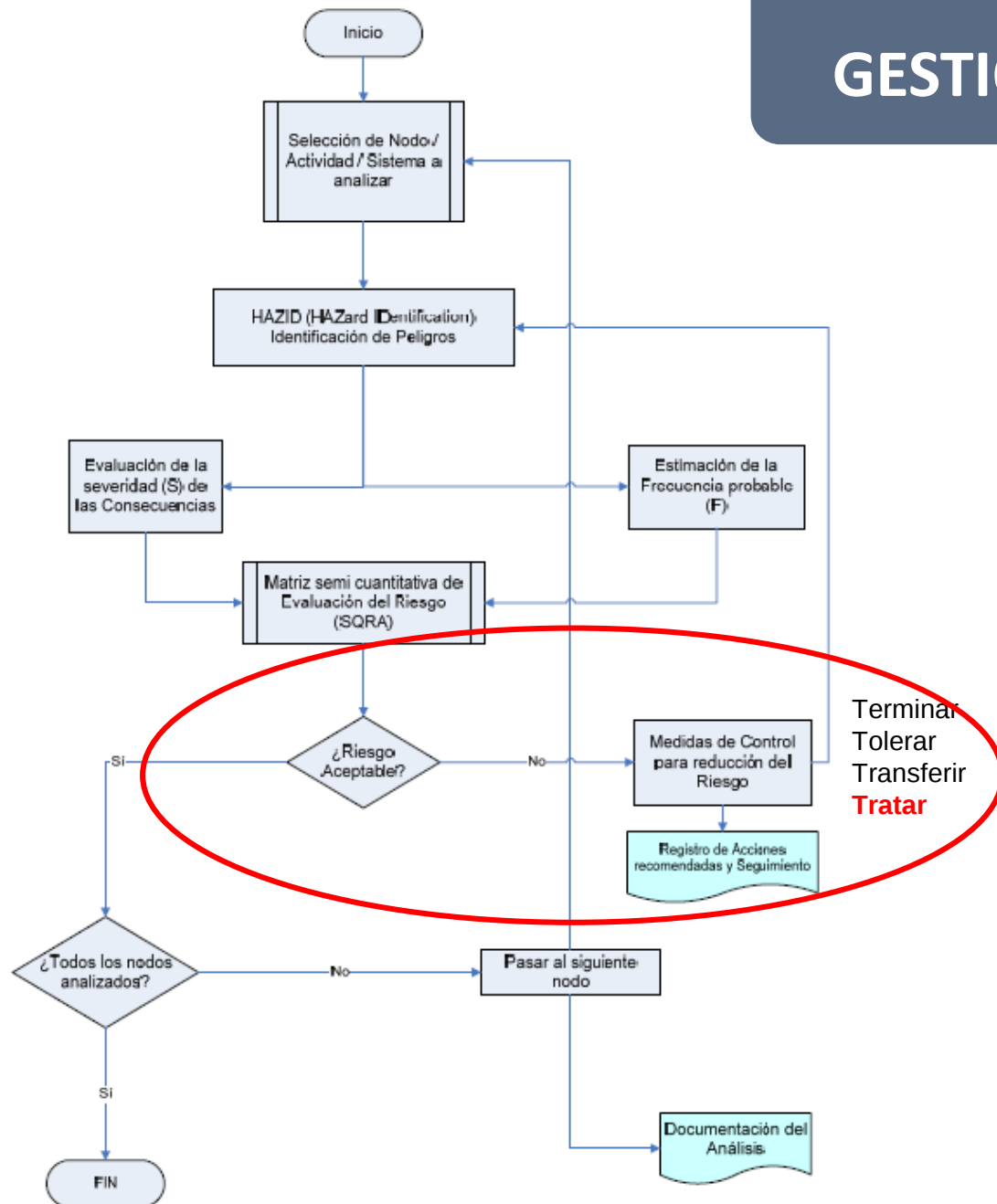
3. Análisis de Riesgos de Procesos

Proceso de selección y aplicación de los estudios y técnicas utilizadas en el Process Hazard Analysis (PHA)

4	8	12	16
3	6	9	12
2	4	6	8
1	2	3	4

Check-List – What-if – Check-List/What-if – **HAZOP** – FMEA- FTA – LOPA - Bow Tie – Matriz Semi Cuantitativa – QRAs
(**ALOHA**, PHAST)

GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO



ALARP
*As Low As Reasonably
Practicable*



GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

Risk Matrix: Risk = Consequence Severity times Frequency									
Consequence Severity Description				Frequency					
Description	Human Harm	Environment	Business Loss	Consequence	1 (10 ⁻⁵ -5/year)	2 (10 ⁻⁴ -4/year)	3 (10 ⁻³ -3/year)	4 (10 ⁻² -2/year)	5 (10 ⁻¹ -1/year)
Severity Level-1	Minor Injury On-site (or < 0.01 Person Severely Impacted On-site) Potential for Adverse Local Publicity	Reportable Incident to Environmental Agency OR < 10 kg Very Toxic to Waterway OR < 100 kg NFPA-H4 to Soil < 100 kg Toxic to Waterway OR < 1000 kg NFPA-H3 to Soil < 1000 kg Harmful to Waterway OR < 10000 kg NFPA-H2 to Soil	Property Damage and Business Loss < \$50M		1				
Severity Level-2	Major Injury On-site (or 0.01 to 0.1 Person Severely Impacted On-site) Public Required to Shelter Indoors (or Minor Injury Off-site)	Environmental Contamination Confined to Site OR < 100 kg Very Toxic to Waterway OR < 1000 kg NFPA-H4 to Soil < 1000 kg Toxic to Waterway OR < 10000 kg NFPA-H3 to Soil < 10000 kg Harmful to Waterway OR < 100000 kg NFPA-H2 to Soil	Property Damage and Business Loss \$50 M to \$500 M		2				
Severity Level-3	Potential Fatality On-site (or 0.1 to 1 Person Severely Impacted On-site) or Potential Major Injury Off-site	Environmental Contamination of Local Groundwater OR < 1000 kg Very Toxic to Waterway OR < 10000 kg NFPA-H4 to Soil < 10000 kg Toxic to Waterway OR < 100000 kg NFPA-H3 to Soil < 100000 kg Harmful to Waterway OR < 1000000 kg NFPA-H2 to Soil	Property Damage and Business Loss \$5 MM to \$50 MM		3				
Severity Level-4	1 to 10 People Severely Impacted On-site 0.1 to 1 People Severely Impacted Off-site	Incident Requiring Significant Off-Site Remediation OR < 10000 kg Very Toxic to Waterway OR < 100000 kg NFPA-H4 to Soil < 100000 kg Toxic to Waterway OR < 1000000 kg NFPA-H3 to Soil > 100000 kg Harmful to Waterway OR > 100000 kg NFPA-H2 to Soil	Property Damage and Business Loss \$5 MM to \$50 MM		4				
Severity Level-5	> 10 People Severely Impacted On-site > 1 Person Severely Impacted Off-site	Incident with Significant National Media Attention OR < 100000 kg Very Toxic to Waterway OR < 1000000 kg NFPA-H4 to Soil > 100000 kg Toxic to Waterway OR > 1000000 kg NFPA-H3 to Soil	Property Damage and Business Loss > \$50 MM		5				

Low
Consequence

High
Consequence

Low Frequency → High Frequency

Legend	
Acceptable	
Tolerable - Offsite	
Tolerable - Onsite	
Unacceptable	

GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

4. Procedimientos Operativos

- Arranque inicial
- Operación Normal
- Operaciones Temporarias
- Parada de Emergencia
- Operaciones de Emergencia
- Parada normal de operación
- Arranque luego de parada
- Operaciones de terceros



DEBEN INCLUIR

- Riesgos y salvaguardas identificados en el análisis y con indicaciones específicas para minimizar el error humano.
- Cómo actuar ante una condición anormal, alarmas o instrumentos en falla
- Parámetros de operación (temperaturas, niveles, presión diferencial y caudales, etc.).
- **Condiciones climáticas adversas para la operación.**

Cada etapa de la tarea debe estar detallada en pasos en forma secuencial

GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

5. Entrenamiento

- Escenarios de Riesgos y Capas de protección/ líneas de defensa
- Planes de Emergencia - Planes de capacitación - Verificación de aptitud
- Todos los niveles



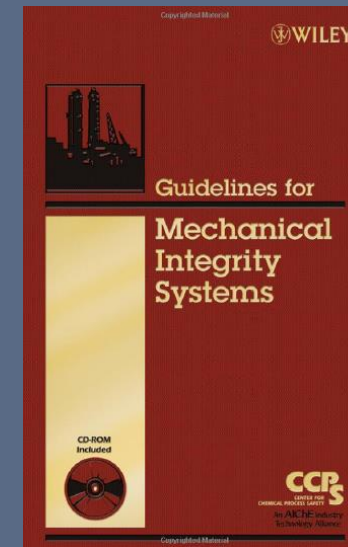
6. Revisión de Seguridad de Pre Arranque

		Yes	No	N/A	Hold	Comments / Action
A. Previous Audits and Reviews						
A.1	Attach action items and responses or current status to the recommendations from previous evaluations if performed:					
A.1.1	Technology/Operations (II) Evaluation and Input					
A.1.2	Simulation Testing of process control program					
A.1.3	Project Safety/Environmental Checklists					
A.1.4	Environmental, Health and Safety Reviews					
A.1.5	Process Safety Reactive Chemicals Review/Process Hazard Analysis (RC/PHA) (both Project and Existing Facility versions) See Process Safety Expertise Center web site					
A.1.6	Layers of Protection Analysis (LOPA)					
A.1.7	Startup Readiness Reviews (I-IV)					
A.1.8	Other FI&E, VIP sessions or Event and Action Tool followups					
A.1.9	Functional Review Rule Tool for changes that have been completed					
B. Plant Staffing						
B.1	Are manufacturing and related support groups (Maintenance, Process Control, Instrumentation, analytical, engineering, etc.) sufficiently staffed to manage the operations?					
B.2	Have employees been adequately trained for the operation of this plant? (Include startup, normal operations, shutdown, and emergencies.)					
B.3	Have special staffing needs during startup been adequately addressed? (Including temporary shift schedules, around the clock staff coverage, area responsibilities, etc.)					
C. Records and Record Keeping						
C.1	Pipe tested and documented?					
C.2	Unit alarm lists?					
C.3	Loop testing of Safety Instrumented Systems and Basic Process Control Protective Systems IPLs?					

GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

7. Integridad mecánica

- Responsabilidad del Liderazgo
- Selección de Equipos
- Inspección, Testeo y Mantenimiento Preventivo
- Programa de Entrenamiento en Integridad Mecánica
- Programa de Instructivos de Integridad Mecánica
- Control de Calidad
- Gestión de Equipos Deficientes
- Implementación del programa de IM
- Mejora Continua del programa de IM



GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

8. Trabajo en Caliente

Área Restringida

Zona 0
Zona 1
Zona 20
Zona 21

Área Inflamable

Zona 2
Zona 22

Área General

Son áreas no restringidas ni inflamables pero que pueden contener potenciales materiales combustibles operando arriba de 5°C de su punto de inflamabilidad

Área Exceptuada

No hay presente materiales inflamables ni combustibles

Clasificación del área : Zona inflamable (ZI) ☐ Zona General (ZG) ☐

Tipo de trabajo: Alta Energía (AE) ☐ Baja Energía (BE) ☐

Si el trabajo es en área restringida, NO se puede realizar trabajo en caliente

- ☐ ☐ ZI - Realizar monitoreo de atmósfera inflamable previo a ejecutar el trabajo. El % LEL debe ser CERO
- ☐ ☐ ZI y AE - Verificar explosividad en canaletas y desagües con posible presencia de inflamables a una distancia de 15 m de la fuente de calor.
- ☐ ☐ ZI y AE - Evaluar protección contra chispas / llama / alta temperatura (mantas)
- ☐ ☐ AE - cercar el área.
- ☐ ☐ El equipo eléctrico a utilizar, ¿posee su correspondiente descarga a tierra?
- ☐ ☐ Retirar fuentes potenciales de ignición

Si el trabajo en caliente es sobre línea o equipo que contuvo inflamable / combustible

- ☐ ☐ Utilizar doble bloqueo y venteo o seccionamiento del equipo / cañería.
- ☐ ☐ Lavar / purgar la línea o equipo hasta que el % LEL sea CERO.

Para trabajos con soldadura/ oxiacorte/ amoladora

- | S | NA | |
|--------------------------|--------------------------|--|
| ☐ | ☐ | Usar lentes de seguridad con filtro de luz |
| ☐ | ☐ | Usar respirador de soldador |
| ☐ | ☐ | Evaluar instalación adecuada de máquina de soldar, inclusive puesta a tierra |
| ☐ | ☐ | Usar protector facial (Careta soldador y/o transparente y/o oscura) |
| ☐ | ☐ | Instalar pantallas contra radiación ionizante inspeccionados y aprobados |
| ☐ | ☐ | Mantener fuentes inflamables a una distancia de 15 m de la fuente de calor |
| ☐ | ☐ | Mantener los cilindros de gas fijos y verticales |

9. Gestión del Cambio

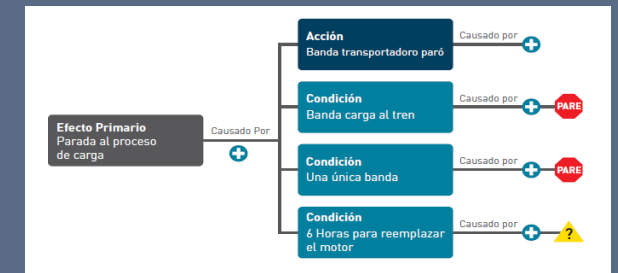
Todas las áreas: Seguridad, Medio Ambiente, Salud e Higiene Industrial, Tecnología, Químicos Reactivos, Investigación y Desarrollo, Mantenimiento – Fiabilidad, Ingeniería de Proceso – Diseño, Control de Procesos, Operabilidad, Seguridad de Procesos y Prevención de Pérdidas, Calidad, Proceso de Trabajo, Compra, Logística

GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

10. Investigación de Incidentes

6 PASOS MÁS ALLÁ DE LOS 5 POR QUÉ

- PASO 1: RECOLECTAR MÁS INFORMACIÓN
- PASO 2: CONVOCAR EL EQUIPO DE TRABAJO
- PASO 3: REALIZAR UN RCA (ANÁLISIS CAUSA RAÍZ)
- PASO 4: IMPLEMENTAR LA SOLUCIÓN (ACCIONES CORRECTIVAS)
- PASO 5: MEDIR EL ÉXITO DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS TOMADAS.
- PASO 6: COMUNICAR LOS LOGROS.



11. Planificación y Respuesta a la Emergencia

- Escenarios de Riesgo de Proceso y sus salvaguardas.
- Escenarios de falla de utilidades (energía eléctrica, aire, vapor, N2, etc.)
- Escenarios de Emergencia/ Contingencia que puedan afectar a empresas linderas.
- Medios de comunicación efectivos frente a una emergencia
- Sistema de protección contra incendios
- Escenarios de atentados, piquetes, **condiciones climáticas adversas**, etc.



GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

12. Auditorías de Cumplimiento

Normativas nacionales, provinciales y municipales aplicables

- Res.306 de MMA , Normas NAGs, AEA, EPE – Calderas y Recipientes sometidos a Presión, Secretaría de Energía, SRT, etc.

Normativas internacionales

- OIT
- EPA (40-CFR-68) del RMP (Risk Management Plan)
- OSHA
- Seveso II / III, etc.



13. Contratistas



14. Seguridad Patrimonial

GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

Métricas Retrospectivas de Seguridad de Proceso

Métrica 1

Número de Incidentes de Seguridad de Procesos según definición

Número PSI

Métrica 2

Tasa Total de Incidentes de Seguridad de Procesos (PSTIR)

Total Incidentes PS x 200.000

Total hs trabajo empleados y contratistas

Métrica 3

Tasa de Severidad de Incidentes de Seguridad de Procesos (PSISR)

Puntuación de Severidad total de todos los incidentes PS x 20

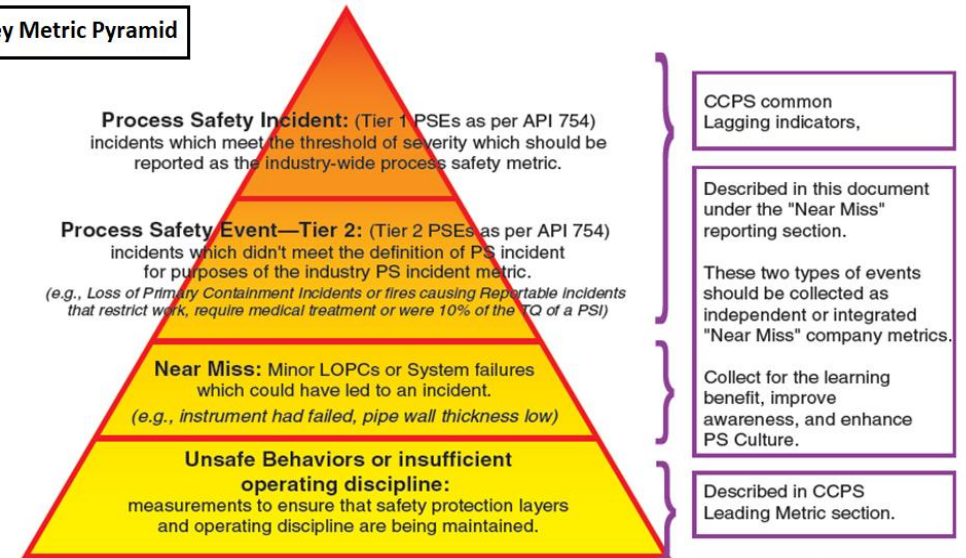
Total hs trabajo empleados y contratistas

Métrica 4

Número de Eventos de Seguridad de Proceso (PSE) de Nivel 2

Número PSEs

Process Safety Metric Pyramid



GESTIÓN DEL RIESGO DE PROCESO

Métricas Predictivas de Seguridad de Proceso

Integridad Mecánica

- Inspecciones realizadas / Inspecciones vencidas
- Tiempo en estado de falla de equipo de seguridad crítico / tiempo operativo total

Seguimiento de Acciones de PS

- # de acciones de PS vencidas/total de acciones

Gestión del Cambio

- % cambios que cumplen la política de MOC

Competencia de Operador

- % de operadores entrenados de acuerdo al cronograma
- Test de aptitud

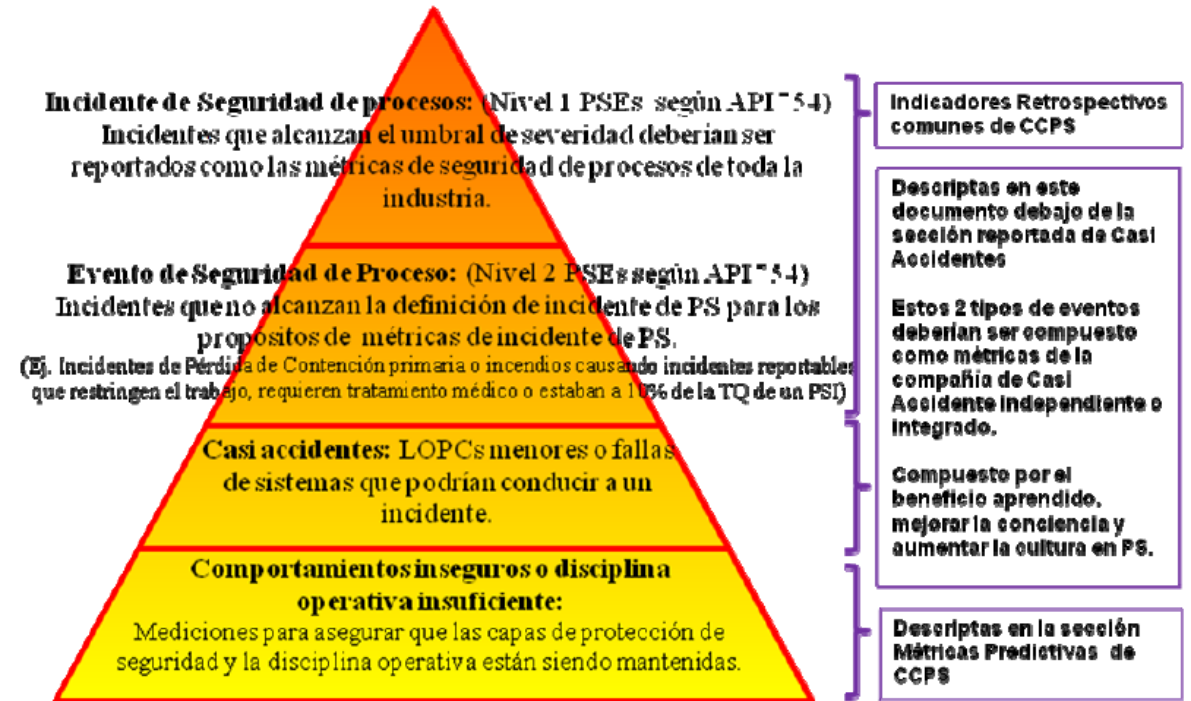
Cultura en Seguridad de Proceso

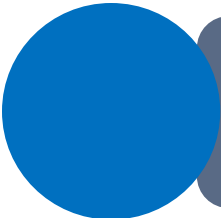
- N° de condiciones inseguras detectadas por operador
- N° de eventos no planeados reportados por operador

Indicadores del Sistema de Seguridad

- Activaciones del sistema de seguridad o de sistemas de alivio
- Desviaciones fuera de los límites operativos

Derrames Menores / Derrames Mayores





NORMATIVAS Y ESTÁNDARES

Videos

Modelo de Accidentalidad

Definiciones y Conceptos de la Gestión y el Análisis de Riesgo

Gestión del Riesgo

Normativas, Estándares y Guidelines de Seguridad de Proceso

NORMATIVAS Y ESTÁNDARES

OSHA PSM 29 CFR 1910.119

EPA RMP 40 CFR 68

SEVESO II SMS-96/82/CE de la UE

OIT Recomendación n° 181

SRT Resolución 743/2003 Registro Nac para la Prev de
Accidentes Industriales Mayores

Resolución 306/2014 Análisis de Riesgo de MMA
Decreto N° 1149 del MT y SS de Sta.Fe

NORMATIVAS Y ESTÁNDARES

OSHA PSM 29 CFR 1910.119

EPA RMP 40 CFR 68



Comparable EPA & OSHA References

Program 3 Prevention Program	EPA RMP 40 CFR	OSHA PSM 29 CFR
Process Safety Information (PSI)	§ 68.65	§ 1910.119(d)
Process Hazard Analysis (PHA)	§ 68.67	§ 1910.119(e)
Operating Procedures	§ 68.69	§ 1910.119(f)
Training	§ 68.71	§ 1910.119(g)
Mechanical Integrity	§ 68.73	§ 1910.119(j)
Management of Change (MOC)	§ 68.75	§ 1910.119(l)
Pre-Startup Review	§ 68.77	§ 1910.119(i)
Compliance Audits	§ 68.79	§ 1910.119(o)
Incident Investigation	§ 68.81	§ 1910.119(m)
Employee Participation	§ 68.83	§ 1910.119(c)
Hot Work Permit	§ 68.85	§ 1910.119(k)
Contractors	§ 68.87	§ 1910.119(h)



**CICLO DE CONFERENCIAS
Y DEBATES VIRTUALES EN
SEGURIDAD DE PROCESOS**

ABRIL 2022

LEGISLACIÓN EN SEGURIDAD DE PROCESOS EN LATINOAMERICA

LA APROXIMACIÓN COLOMBIANA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES Y ACCIDENTE MAYOR
Disertante: Felipe Muñoz Giraldo - Ecopetrol

LEGISLACIÓN PSM EN PERÚ. ¿CÓMO INTEGRAMOS EL MODELO PSM DE OSINERGMIN CON EL MODELO RBPSM-CCPS?
Disertantes: Raúl Mango TEMA y Sylvana Velasco - Pluspetrol

PROPUESTA DE REQUISITOS NORMATIVOS EN SEGURIDAD DE PROCESOS PARA ARGENTINA- 1ERA PARTE
Disertantes: Daniel Rossi, Marcos D Cancio - UTN FRN DUSP 2021

ACTIVIDAD GRATUITA

JUEVES 21 DE ABRIL DE 15 A 17HS.

SEGUÍ LA CONFERENCIA EN VIVO DESDE MICROSOFT TEAMS

SE OTORGARÁ CERTIFICADO DE ASISTENCIA

Formulario de Inscripción

<https://forms.gle/d8zUaRgFEtqRez5d9>



NORMATIVAS Y ESTÁNDARES

- **Resolución 743/2003 de la SRT**
Registro Nacional para la Prevención de Accidentes Industriales Mayores
- **IRAM – AEA ...**
- **Secretaría de Energía**
- **Normas NAG's - ENARGAS**
 - **NAG 501:** Plantas de Almacenamiento Gas Natural licuado en tierra



ISO 45001

- **Resolución 306/2014 de MMA Sta.Fe.**
Análisis de Riesgo
- **Empresa Provincial de la Energía CyASP**
- **Decreto N° 1149 del MT y SS de Sta.Fe**
Protocolo p/ Prevención y Mitigación de Explosiones de Polvo en...



NORMATIVAS Y ESTÁNDARES

	Resolución 306/2014 de MMA Sta. Fe. "Análisis de Riesgo"	Resolución 743/2003 de la SRT "Registro Nac. Para la Prevención de Accidentes Industriales Mayores"	Decreto N° 1149 del MT y SS de Sta.Fe "Protocolo para Prevención y Mitigación de Explosiones de Polvo... "
ALCANCE	Provincial – Toda Actividad Industrial o Servicio que aplique	Nacional - Toda Actividad Industrial o Servicio que aplique	Provincial – Plantas de Acopio, Acondicionamiento, Procesamiento y Terminales Portuarias que manipulen Cereales, Oleaginosas y subproductos sólidos derivados.
VIGENCIA	2014	2003	2019
INCUMBENCIAS	Consultor, Experto y Perito en Materia Ambiental	ART & Empleador Con firma de Resp. de HyS y Serv. Médico	Personal con incumbencia profesional en Análisis de Riesgo de los Procesos y Matrícula Habilitante
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS	Disparador Riesgo Grado 3 = Res.743/03 = Directiva Seveso 96/82/CE	Disparador Límites Umbrales de Sustancias Res.743/03 = Riesgo Grado 3 =Directiva Seveso 96/82/CE	No categoriza por riesgo
	Baja el nivel de Riesgo a Grado 1 y 2		
	Anexo del EsIA o IAC	Registro Nacional de Prev. De Acc. Ind. Mayores de la SRT	Datos solicitados en el DBPEP (Documento Básico de Prevención de Exp. de Polvo)
	Metodologías Aplicables: GRADO 1: Check List- What If- Índice de Riesgo- FMEA GRADO 2: G1 + Matriz Semi-Cuantitativa GRADO 3: G2+ HAZOP - Cuantitativo (ALOHA, etc.)	6. Evaluación de Riesgos Método de Evaluación Posibilidad de Ocurrencia Análisis de Consecuencias Cuantificación y Evaluación de Riesgos Análisis de Falla Aceptabilidad del riesgo Área de influencia según tipo de accidente Medidas Preventivas	Ejemplos Metodologías Aplicables: HAZOP What If Análisis de Causa Raíz DHA (NFPA61)

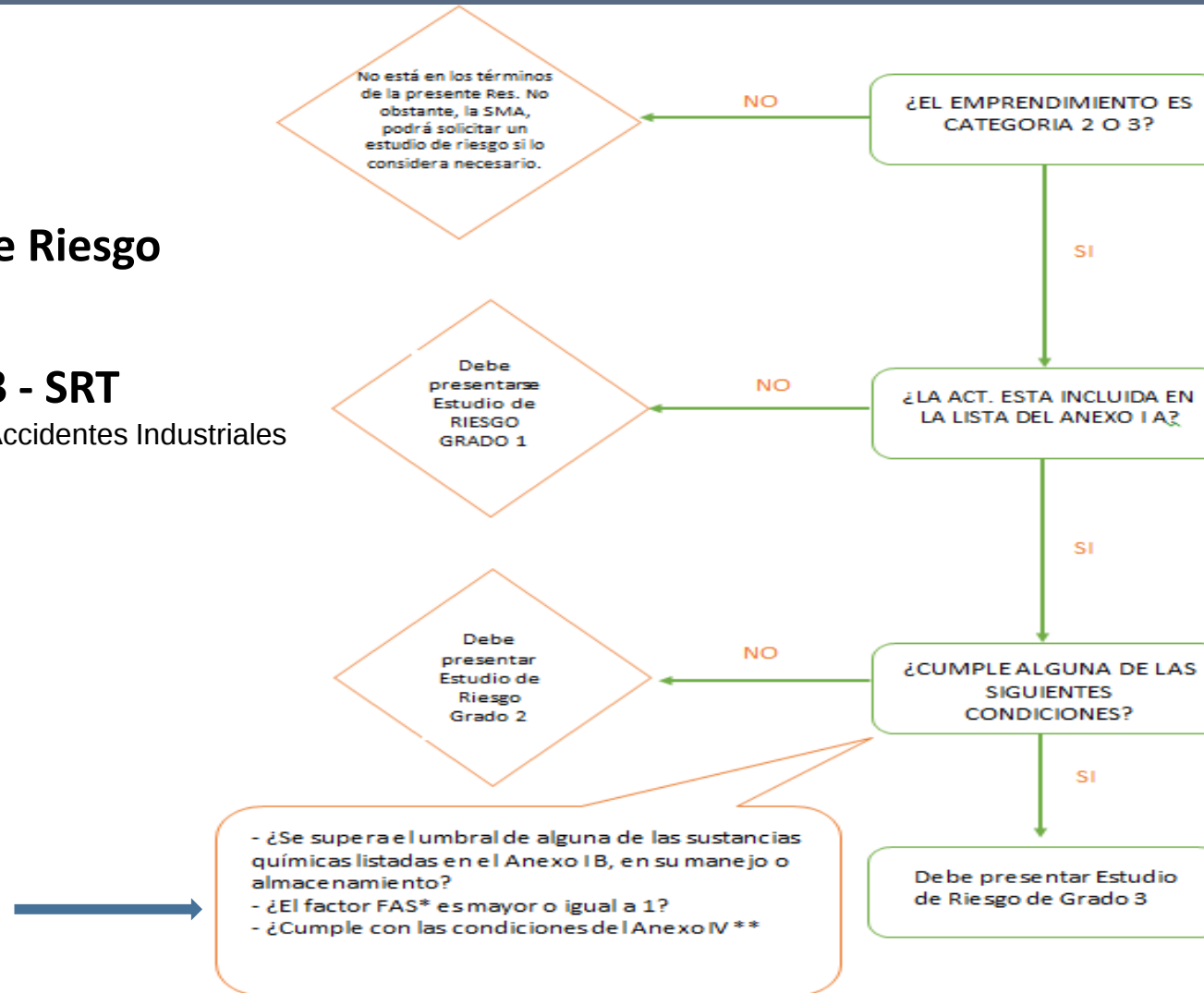
EFECTO SINÉRGICO - Factor FAS

Determinación del Grado de Riesgo

Res-306/14 del MMA

Aplicabilidad de Res 743/03 - SRT

“Registro Nacional para la Prevención de Accidentes Industriales Mayores”



*FAS: Factor de Ajusto Sinérgico.

**Existencia de Efecto Dominó

EFFECTO SINÉRGICO - Factor FAS

PARTE 1

Sustancia	Cantidad umbral (toneladas)
Nitrato de amonio	350
Pentóxido de arsénico, ácido arsénico (V) y/o sus sales	1
Trióxido de arsénico, ácido arsénico (III) y/o sus sales	0,1
Bromo	20
Cloro	10
Compuestos de níquel en forma pulverulenta inhalable (monóxido de níquel, dióxido de níquel, sulfuro de níquel, disulfuro de níquel, trióxido de níquel)	1
Etilenimina	10
Flúor	10
Formaldehído (concentración mayor o igual a 90 por 100)	5
Hidrógeno	5
Ácido clorhídrico (gas licuado)	25
Alquilos de plomo	5
Gases licuados extremadamente inflamables (incluidos GPL) y gas natural	50
Acetileno	5
Óxido de etileno	5
Óxido de propileno	5
Metanol	500
4,4 metilen-bis (2-cloroanilina) y/o sus sales en forma pulverulenta	0,01
Isocianato de metilo	0,15
Oxígeno	200
Diisocianato de tolueno	10
Dicloruro de carbonilo (fosgeno)	0,3
Trihidruro de arsénico (arsina)	0,2
Trihidruro de fósforo (fosfina)	0,2
Dicloruro de azufre	1
Trióxido de azufre	15
Policlorodibenzofuranos y policlorodibenzodioxinas (Incluida la TCDD) calculadas en equivalente TCDD (ver Nota 1)	0,001
Las siguientes sustancias cancerígenas: 4. Aminodifenilo y/o sus sales, Bencidina y/o sus sales, Éter bis (clorometílico), Clorometil metil éter, Cloruro de dimetil carbamolio, Dimetilnitrosamina, Triamida hexametilfosfórica, 2-Naftilamina y/o sus sales y 4-nitrofenil 1, 3-Propanosultona.	0,001
Naftas y otros cortes livianos	5000

PARTE 2

Categorías de sustancias, compuestos y preparados no denominados específicamente en la Parte 1.

Categoría de sustancia peligrosa (ver Notas abajo)	Cantidad umbral (toneladas)
1. Muy tóxica (ver punto 1 de las Notas)	5
2. Tóxica (ver punto 1 de las Notas)	50
3. Comburente u oxidante (ver punto 2 de las Notas)	50
4. Explosiva (cuando la sustancia o el preparado coincidan con la definición del párrafo a) del punto 3 de las Notas)	50
5. Explosiva (cuando la sustancia o el preparado coincidan con la definición del párrafo b) del punto 3 de las Notas)	10
6. Inflamable (cuando la sustancia o el preparado coincidan con la definición del párrafo a) del punto 4 de las Notas)	5000
7.a Muy inflamable (cuando la sustancia o el preparado coincidan con la definición del párrafo b.1) del punto 4 de las Notas)	50
7.b Líquido muy inflamable (cuando la sustancia o el preparado coincidan con la definición del párrafo b.2) del punto 4 de las Notas)	5000
8. Extremadamente inflamable (cuando la sustancia o el preparado coincidan con la definición del párrafo c) del punto 4 de las Notas)	10
9. Sustancias peligrosas para el medio ambiente en combinación con las siguientes fases de riesgo:	
i) Muy tóxico para los organismos acuáticos	200
ii) Tóxico para los organismos acuáticos. Puede provocar a largo plazo efectos negativos para el medio ambiente acuático.	500
10. Cualquier clasificación distinta en combinación con los enunciados de riesgo siguientes:	
i) Reacciona violentamente con el agua.	100
ii) En contacto con el agua libera gases tóxicos.	50

EFEECTO SINÉRGICO - Factor FAS

Agua Amoniaca 28% (50 M3 x 0,9 TN/M3 = 45 TN) → H400 - Muy tóxico para los organismos acuáticos.

Hipoclorito de Sodio (70 M3 x 1,1 TN/M3 = 77 TN) → H400 - Muy tóxico para los organismos acuáticos

Fuel Oil (300 M3 x 0,86 TN/M3 = 260 TN) → H411 - Tóxico para los organismos acuáticos

Muy tóxico para organismos acuáticos → $(45+77) / 200 \text{ (NH}_4\text{OH} + \text{NaClO)} = 0.61$

Tóxico para organismos acuáticos → $(260) / 500 \text{ (FO)} = 0,52$

Factor FAS → $0.61 + 0.52 = \underline{1.13} > 1$

Efecto Dominó

El efecto dominó ha generado y sigue generando accidentes catastróficos en la industria. Este efecto se da cuando un evento inicial (accidente) ocurre, y, las consecuencias del mismo se agravan por nuevos eventos (secundarios) que impactan en mayor medida al entorno dentro o fuera de los límites de la facilidad.

La radiación provocada por el fuego dentro en un dique (pool fire), o la explosión de un tanque (bleve), donde se desprenden fragmentos que pueden impactar en otros equipos que almacenan productos peligrosos, terminan generando pérdidas de contención (fugas) de productos tóxicos, incendios y/o explosiones.

La metodología DEA define valores umbrales de los vectores de escalado para cada objetivo, expuestos en la siguiente tabla

Metodología DEA (Domino Effect Analysis)
desarrollada por Cozzani, V. & Salzano, E., 2004,

Equipo de proceso	Valor umbral	
	Sobre presión	Radiación Térmica
Todos	16 psi	15 kW/m ² - Tiempo > 15 min

El 5 de agosto de 2022 estalló una explosión de petróleo en la provincia cubana de Matanzas y ardió fuera de control durante cinco días. Un rayo cayó sobre un tanque de petróleo en la instalación de almacenamiento de petróleo más grande de Cuba. El tanque explotó rápidamente y el fuego se extendió a los tanques cercanos. Al menos cuatro de los ocho tanques en la instalación se quemaron. Decenas de personas fueron hospitalizadas, más de 120 resultaron heridas, al menos 14 bomberos fueron reportados como desaparecidos y se confirmó la muerte de uno. Este desastre, el mayor incendio petrolero en la historia de Cuba, ha intensificado los cortes de energía eléctrica. Los cubanos están sufriendo la crisis energética en curso, que ocurre en medio de uno de los veranos más calurosos registrados a nivel mundial



ANÁLISIS DE RIESGOS - TÉCNICAS

Accidente Bhopal

Análisis de Riesgos - Técnicas

EJERCICIO - BHOPAL

Identifique qué elementos del Sistema de Gestión de Riesgo fallaron en el accidente de BHOPAL (3/12/1984) y mencione cuales de ellos detectó en el video.

1. Información de Seguridad de Proceso
2. Participación de los empleados
3. Análisis de Riesgo de Proceso
4. Procedimientos Operativos
5. Entrenamiento
6. Revisión de Seguridad del Pre-Startup
7. Integridad Mecánica
8. Trabajo en Caliente
9. Gestión del Cambio
10. Investigación de Incidentes
11. Planificación y Respuesta a la Emergencia
12. Auditorías de Cumplimiento 13.- Contratistas – 14. Seguridad Patrimonial

Accidente
en Bhopal
(Enfoque científico)



ANÁLISIS DE RIESGOS - TÉCNICAS

Accidente Bhopal

Análisis de Riesgos - Técnicas

ANÁLISIS DE RIESGO – TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO

No basados en escenarios

- Más directos y rápidos
- Menos precisos



Listas de Verificación / Checklist
Análisis Preliminar de Peligros
Revisiones / Auditorías de Seguridad

Basados en escenarios

- Mejoran la capacidad de predicción
- Más complejos
- Requieren habilidades especiales
- Suelen usarse en conjunto con Matrices de Riesgo
- Permiten evaluar salvaguardas y asignar prioridades



¿Qué pasa si...? (*What if...?*)
What if? + Checklist
Estudios HAZOP
Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE)
Análisis en Árbol de Fallas (FTA)
Análisis en Árbol de Eventos (ETA)
Otras técnicas

CHECK LIST/ LISTA DE VERIFICACIÓN

Se usan para identificar peligros conocidos o para verificar el cumplimiento con normas industriales o requisitos legales

Recomendación: no utilizarlo sólo



EVALUACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Cualitativa - Procesos	• Es el método de análisis de riesgo más simple. • Fácil de usar y el nivel de detalle es ajustable • Genera resultados rápidos y fáciles de comunicar • Efectiva manera de explicar 'lecciones aprendidas • proporciona un seguimiento estructurado	• NO es útil para identificar riesgos nuevos o no reconocidos • Limitado a la experiencia de su autor • Su aplicación requiere conocimiento del sistema/instalación y de los procedimientos operativos y de los estándares • Debería ser auditado y actualizado regularmente • Lo que no está en la Lista pasa desapercibido • Sólo para peligros conocidos, sin pensamiento creativo.

WHAT-IF

Personal experimentado se hace una “tormenta de ideas” a una serie de preguntas que empiezan con “¿Qué pasaría si...?”

Se busca las respuestas del proceso ante: falla de los equipos, errores humanos, condiciones operativas anormales.

Cada pregunta representa una falla potencial en la planta o un error operativo

Recomendación: no utilizarlo sólo

Pregunta	Respuesta(s)	Recomendaciones
	Peligros Consecuencias Medidas protectoras existentes	

EVALUACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Cualitativa - Procesos	• Método más comúnmente utilizado • Uno de los métodos menos estructurados • Útil en cualquier etapa del ciclo de vida de la planta • Útil durante la revisión de un cambio • Fomenta el pensamiento creativo	• Al no ser estructurado, puede no identificar todos los riesgos del proceso. • El éxito depende en gran medida de la experiencia de los analistas

AMFE (Análisis de Modo de Fallas y Efectos)

Técnica **manual** de análisis para determinar las consecuencias de fallas en: Componentes, Módulos, Subsistemas

Planilla con cada modo de falla, causas posibles, riesgo y salvaguardas propuestas

Uso mayoritario en Aeronáutica, espacial y Automotriz

Modo de Falla	Causas	Síntomas	Frecuencia esperada	Impacto
Rotura de tubos	Corrosión por fluidos (lado carcasa)	Hidrocarburos a más presión que el agua de enfriamiento	Frecuente (ha ocurrido dos veces en tres años)	Crítico – Puede ser la causa de un incendio descontrolado

EVALUACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Cualitativa - Equipo	- Método muy estructurado y confiable para la evaluación de sistemas y hardware. - Fácil de aprender y aplicar y hace fácil la evaluación de un sistema complejo.	- Toma mucho tiempo -> es caro - Dificultad para atender interacciones y/o causas múltiples - No es común que llegue a revisar procedimientos - No es bueno en identificar error humano en los procesos

HAZOP

Hazard and Operability Analysis

- Identificar riesgos (seguridad, salud, medioambiente),
y
- Problemas que impiden una operación eficiente

Pasos

1. Elija un tanque y describe el alcance
2. Elija y describa la dirección del flujo
3. Aplique las **palabras guías** a la **desviación**
 - Palabras guías incluyen **NADA, MAS DE, MENOS DE, PARTE DE, MAS QUE, EXCEPTO, INVERSO**
 - Desviations, tales como **NO HAY FLUJO, MAS PRESION, MENOS TEMPERATURA, MAS FASES QUE** (no debe haber),

[illegible]

EVALUACIÓN

VENTAJAS

DESVENTAJAS

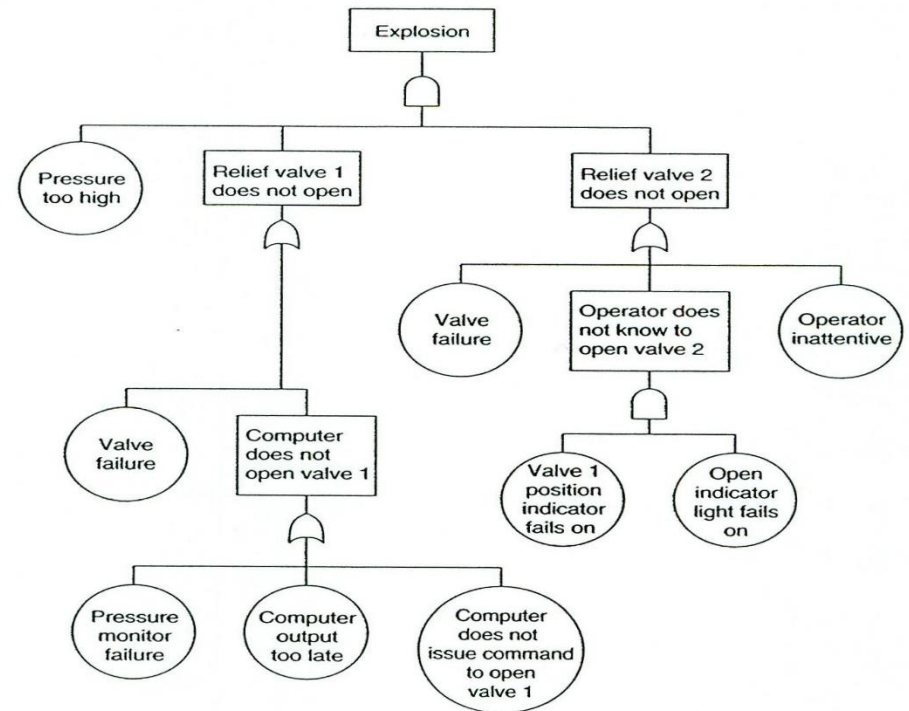
Cualitativa - Procesos

- Creativo, sin límites
- Completo – identifica todos los riesgos del proceso
- Riguroso, estructurado y además versátil
- Identifica problemas de seguridad y operabilidad

- Puede llevar mucho tiempo. (ej. si se incluye operabilidad)
- Requiere la gente idónea disponible durante el análisis
- No distingue entre eventos de baja probabilidad y alto impacto (y viceversa)

FTA

Identifica la red de factores que confluyen en un accidente. Se construye desde el evento hacia atrás.
 Usa relaciones lógicas.
 Participativo (análisis en equipo)
 Requiere investigadores entrenados en la técnica
 Permite “escalar” hasta llegar a fallas del SGSySO



EVALUACIÓN

VENTAJAS

DESVENTAJAS

Cualitativa/cuantitativa -
Equipo

- Proporciona una representación lógica, trazable y cuantitativa de causas, consecuencias y de combinación de eventos
- Amigable pero para sistemas complejos se requiere un software
- Permite analizar multicausalidad

- No es intuitivo, requiere entrenamiento
- No es útil cuando los aspectos del tiempo de análisis son importantes en el estudio
- En cadenas largas es fácil perderse
- Aplicación puntual, no masiva

MATRIZ SEMICUANTITATIVA

Marco rastreable para consideración explícita de la frecuencia y consecuencias de los peligros

Divide la frecuencia (probabilidad) y consecuencias (severidad) en categorías

Si emplea valores numéricos para las categorías, define “umbrales” de aceptación del riesgo

EVALUACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Semi-Cuantitativa - Procesos	• Fácil de usar • Útil para la evaluación del riesgo	• Difícil de definir • Cada empresa debe adaptar una matriz a sus necesidades • Se recomienda la utilización de base de datos para estimar la frecuencia

LOPA

LOPA = Análisis de capas de protección

LOPA es una metodología semicuantitativa que se puede utilizar para identificar salvaguardas que cumplan con los criterios de la capa de protección independiente (IPL)

LOPA proporciona criterios específicos y restricciones para la evaluación de IPL

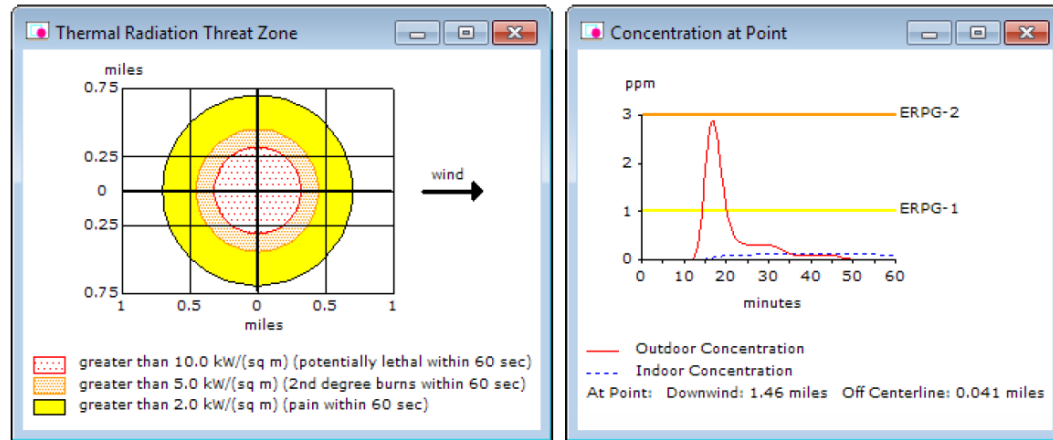
LOPA se limita a un solo par causa-consecuencia como escenario

Equipo	Escenario	Evento iniciador (Causa)	Incidente	Resultado	Target Factor	Factor del evento iniciador	Probabilidad de ignición	Probabilidad de exposición	Tiempo expuesto al riesgo	Factor de diseño	Capas de protección requeridas	Capas de protección a implementar	ÍNDICE DE SEVERIDAD	ÍNDICE DE FRECUENCIA	ÍNDICE DE RIESGO
Zeppelin Butano	Dreno o válvula de venteo abierta	Error operativo	Orificio del tamaño del dreno o venteo (3")	Flash, Jet, or Pool Fire	8	2	0	0	0	2	4	Incluir en Procedimientos de retomo a operaciones Check List para asegurar que todos los drenos/venteos tengan tapón colocado o brida ciega. Incluir en procedimientos de retomo a operaciones test de presión/estanqueidad con aire o aire inerte para asegurar que no existan fugas. ●Se recomienda precintar con candado las válvulas de purga de los zeppelines en posición cerrada. ●Sistema de lucha contra incendio (instalar sprinklers/diluge en zona de carga y descarga).	4	3	12
Zeppelin Butano	Dreno o válvula de venteo abierta	Error operativo	Orificio del tamaño del dreno o venteo (3")	Vapor Cloud Explosion	8	2	0	0	0	2	4	Incluir en Procedimientos de retomo a operaciones Check List para asegurar que todos los drenos/venteos tengan tapón colocado o brida ciega. Incluir en procedimientos de retomo a operaciones test de presión/estanqueidad con aire o aire inerte para asegurar que no existan fugas. ●Se recomienda precintar con candado las válvulas de purga de los zeppelines en posición cerrada. ●Sistema de lucha contra incendio (instalar sprinklers/diluge en zona de carga y descarga).	4	3	12
Zeppelin Butano	Excesivo ingreso de calor por fuego externo	Fuga y Fuego externo	Rotura del equipo	Explosión del equipo	8	3	0	0	0	2	3	●Sistema de lucha contra incendio (sprinklers/diluge). ●Válvula de seguridad son contrafuego (reduce el riesgo de BLEVE). ●Evitar la acumulación del derrame de LPG mediante una pendiente impermeabilizada y drenaje de producto a sector adecuado. Fundamentalmente cuando se trate de Butano.	4	2	8
Zeppelin Butano	Excesivo ingreso de calor por fuego externo	Fuga y Fuego externo	Alivio de válvula de venteo de seguridad	Flash, Jet, or Pool Fire	5	3	2	0	0	2	2	●Válvula de seguridad son contrafuego (reduce el riesgo de BLEVE). ●Evitar la acumulación del derrame de LPG mediante una pendiente impermeabilizada y drenaje de producto a sector adecuado. Fundamentalmente cuando se trate de Butano.	1	1	1
Zeppelin Butano	Excesivo ingreso de calor por alta temp.	Temp. Amb. elevada	Alivio de válvula de	Flash, Jet, or Pool	5	3	2	0	0	2	-2	●Se sugiere refrigerar con agua contra incendio el tanque en épocas de alta temperatura.	1	1	1

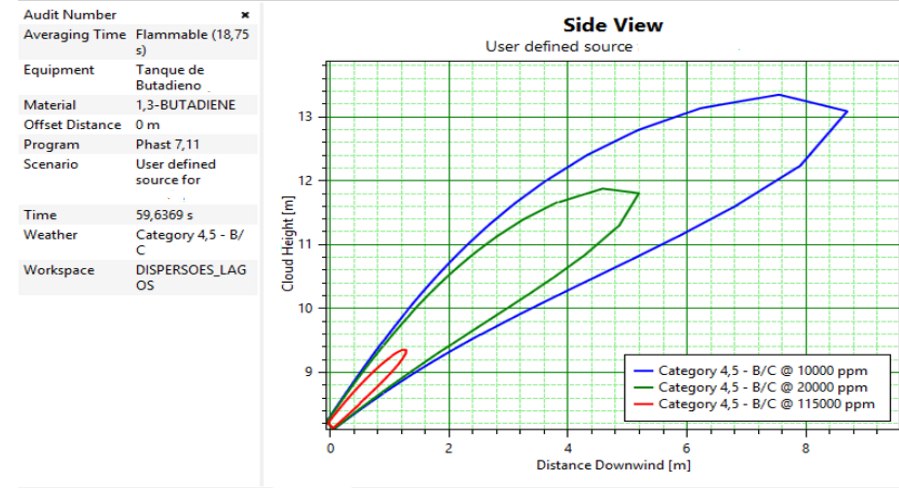
EVALUACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Semi-Cuantitativa - Procesos	Proporciona no solamente métodos analíticos para la determinación de frecuencias y probabilidades, también nos proporciona herramientas para el uso de criterio de ingeniería al seleccionar las diferentes capas de protección	- A veces se utilizan IPLs que figuran en las directrices de LOPA (CCPS, 2001), o en otro lugar, pero sin implementar los sistemas de gestión para mantenerlos. - Muchas veces se abusa del uso de LOPA. Se espera que el número de escenarios que van a LOPA (después de un HAZOP / PHA) sean del 1% al 10% (máximo) de dichos análisis - Se suele desarrollar LOPA con los equipos de PHA, lo que distrae a los mismos de su tarea principal de lluvia de ideas para identificar los escenarios de riesgo que puedan existir.

QRA (ALOHA, PHAST, RAST)

Sample ALOHA Output



Some sample ALOHA output. On the left, the circular thermal radiation threat zone estimates for a BLEVE. On the right, a threat point graph shows the toxic concentration hazard over time at a specific location; the horizontal lines show how the concentration compares to the chosen toxic levels of concern.



EVALUACIÓN

VENTAJAS

DESVENTAJAS

Cuantitativa

- Útil para análisis de escenarios muy riesgosos donde el impacto se estima con simulaciones (softwares específicos PHAST, RAST, ALOHA)
- Visualización gráfica del impacto del escenario evaluado

- Especialización técnica para el correcto uso de las herramientas

Técnicas en las Etapas de un Proyecto

TÉCNICAS	Etapa 0	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7
	Diseño Seguro	Diseño conceptual	Ingeniería Básica	Ingeniería de Detalle	Verificación de construcción / diseño	Revisión de Seguridad previo a Puesta en Marcha	Post Puesta en Marcha	Demolición/ Abandono
Listas de Verificación	X	X	X	X	X	X	X	X
Ranking Relativo	X	X	O					O
What if?	X	X	X					X
HAZOP			X	X			X	
LOPA			X	X			X	
FTA		O	O	O			O	O
FMEA		O	O	O			O	O

Simbología:

X Técnica más usual

O Técnica menos usual – Optativa

○ Técnica usada en casos puntuales - Optativa



AGENDA

PREGUNTAS ..?

MUCHAS GRACIAS...