

**SEMARNAT**

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



**PROFEPA**

PROCURADURÍA FEDERAL DE  
PROTECCIÓN AL AMBIENTE

# CURSO-TALLER EN MATERIA DE RIESGO Y EMERGENCIAS AMBIENTALES

## INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

Ing. Alfredo Mendoza Reyes



15 de Noviembre de 2016

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

Los Sistemas Instrumentados de Seguridad fueron creados con la finalidad de eliminar los riesgos en las operaciones de procesos. Primeramente definiremos qué es riesgo.

El **RIESGO** es una medida de la **probabilidad de ocurrencia** y de la **consecuencia** de un efecto indeseable. En otras palabras: ¿qué tan a menudo puede pasar y cuál sería su efecto si sucediera?

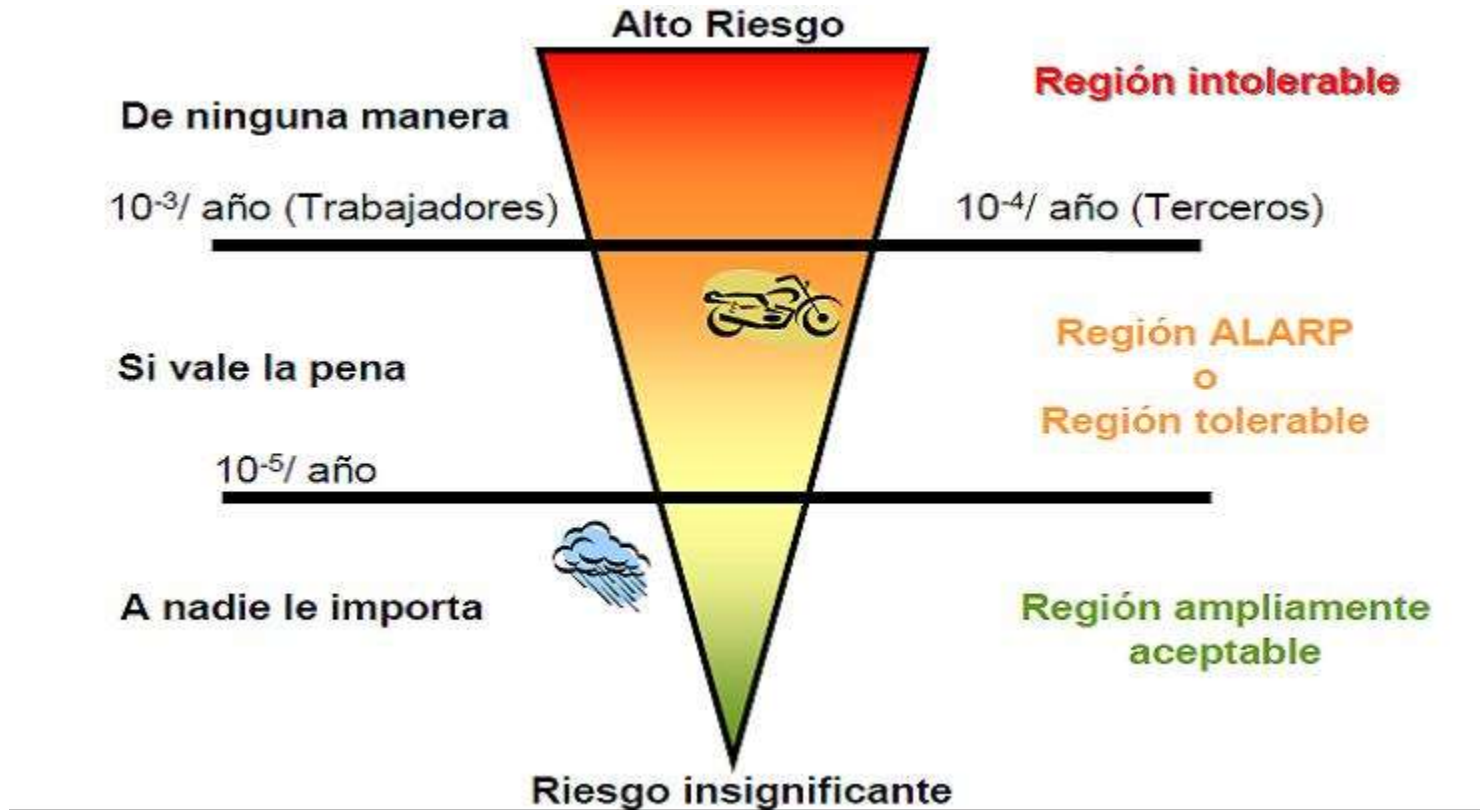
Los posibles receptores del riesgo son:

- Las personas
- El medio Ambiente
- Equipos o daños a la propiedad
- interrupción del negocio
- Responsabilidad del negocio
- Imagen de la empresa
- Pérdida de mercado



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Niveles de riesgo



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

---

Definición de Riesgo Tolerable:

La norma IEC 61511 describe el riesgo tolerable como el riesgo que **se acepta en un determinado contexto de acuerdo a los valores actuales de la sociedad**. La mayoría de las empresas incluyen las **lesiones, muertes y el dinero** entre otros factores, para definir un criterio de riesgo tolerable.

Valores obtenidos de este riesgo tolerable ayudan a determinar la reducción necesaria del riesgo que un Sistema Instrumentado de Seguridad debe lograr.

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Capas de protección

**¿Cómo logramos el nivel necesario de reducción de riesgos?.**

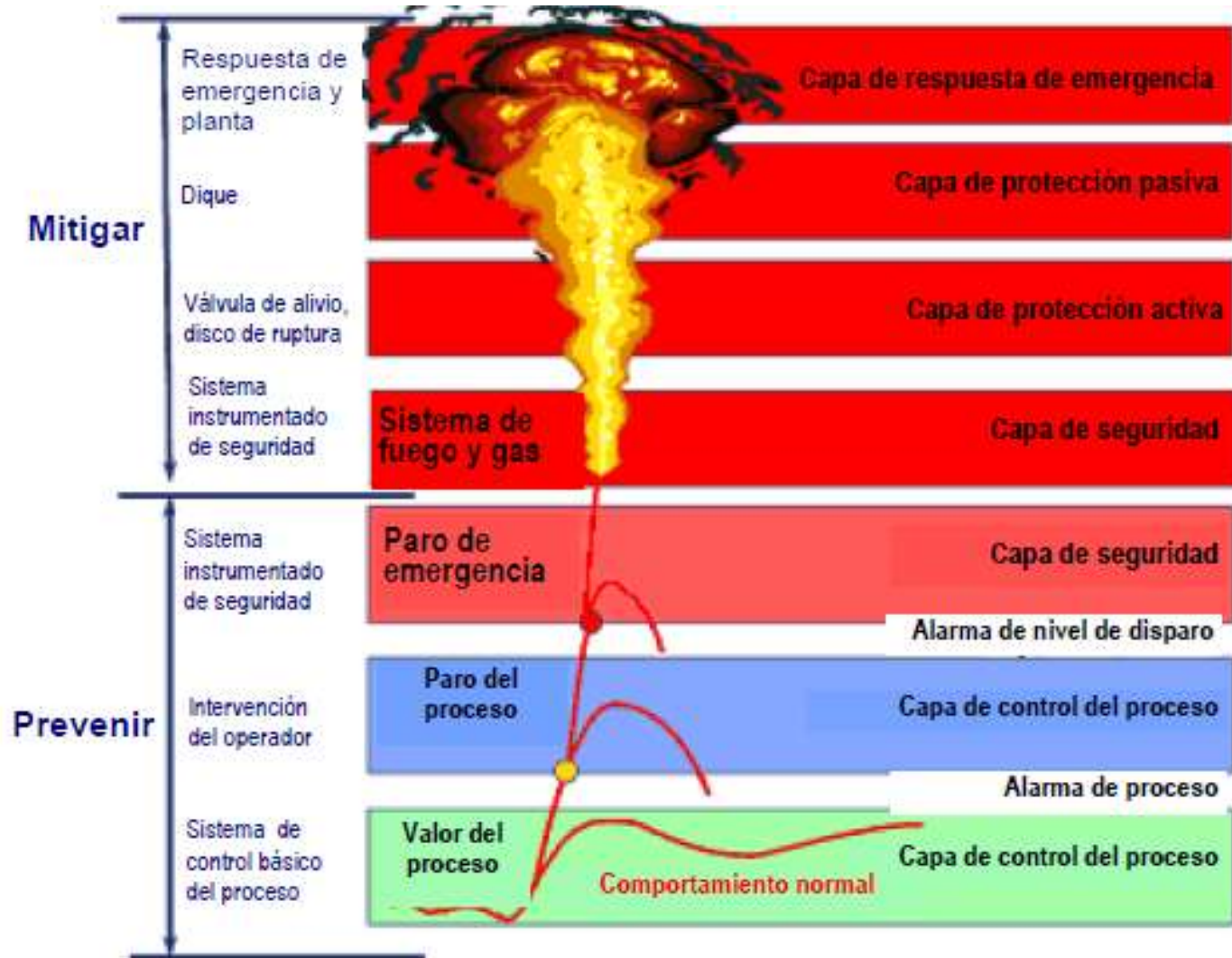
**Capa de protección :** “cualquier mecanismo independiente que reduce el riesgo mediante el control, la prevención o la mitigación”. La suma de las capas de protección proporciona lo que se llama seguridad funcional





# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Capas de Protección:



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Riesgo Tolerable:

0.0001 Accidentes fatales al año

0.001 personas heridas por año

1x10-06 eventos no deseados por año

RIESGO	REINO UNIDO	HONG KONG	HOLANDA	AUSTRALIA
	Fatalidades/año			
Individual al Trabajador (mín)	10-5	No Usado	No Usado	No Usado
Al Público (mín)	10-6	No Usado	10-8	No Usado

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Definición del SIL Objetivo (Fase de Análisis)

En el caso específico de PEMEX, la norma NRF-045-PEMEX-2002 presenta las siguientes estadísticas para la determinación de la frecuencia máxima permitida (frecuencia objetivo) para eventos con consecuencias determinadas

Nivel de Impacto del evento	Consecuencia	Frecuencia objetivo por año
Menor	Impacto inicialmente limitado a un área local del evento con un potencial para una consecuencia más amplia si no se toman acciones correctivas. Fugas dentro de barreras de contención cuyas consecuencias al ambiente son conocidas (ruido, olores e impacto visual detectable, derrame externo controlable en un día)	$1.0 \times 10^{-3}$
Serio	Es aquella consecuencia que podría causar cualquier lesión o fatalidad seria en el sitio o fuera de él, o bien, daño a la propiedad de \$ 1 MM en el sitio y de \$ 5 MM fuera de él. Fugas fuera de los límites sin efectos adversos (el derrame externo se puede controlar en pocos días)	$1.0 \times 10^{-4}$
Catastrófico	Es aquella consecuencia que es 5 o más veces severas que un accidente SERIO. Fuga fuera de los límites de contención con efectos adversos (derrame no controlable en pocos días)	$1.0 \times 10^{-6}$



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

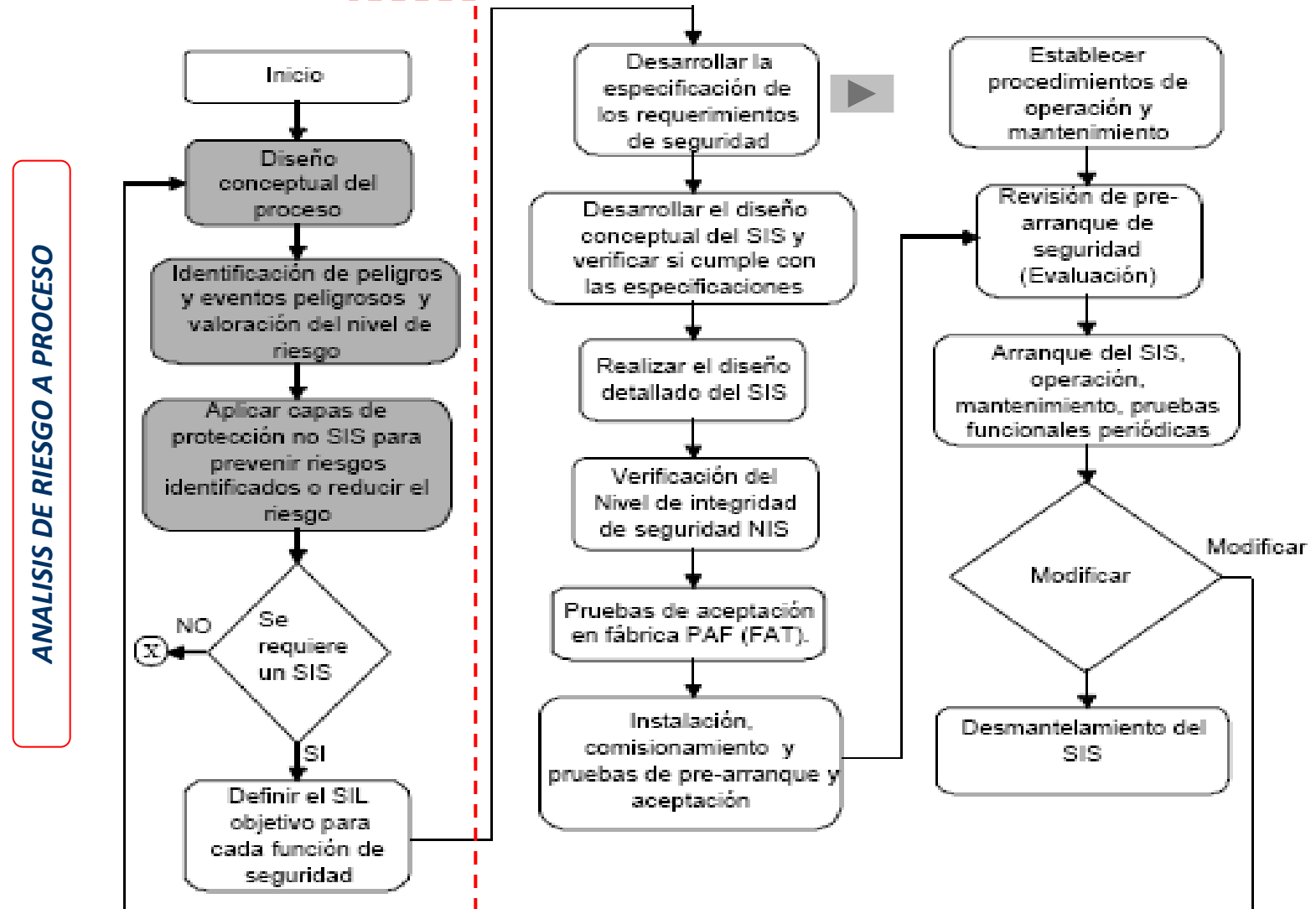
## Ciclo de vida de seguridad:

Según IEC 6511: “las actividades necesarias implicadas en la instalación de sistemas relacionados con la seguridad, que se presentan durante un periodo de tiempo que empieza en la fase de diseño conceptual de un proyecto y termina cuando todos los sistemas E/E/PE relacionados con la seguridad



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

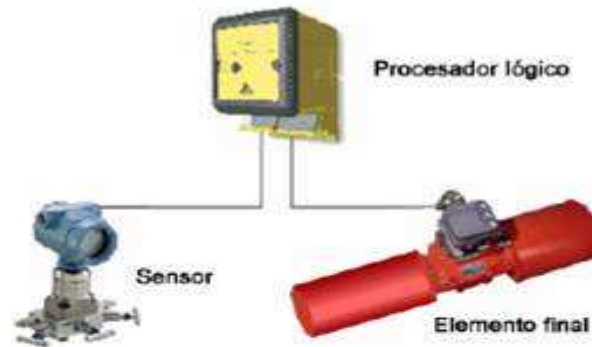
## CICLO DE VIDA DE SEGURIDAD



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

---

## Terminología y definiciones



La normativa IEC 61511 define un Sistema instrumentado de Seguridad (SIS) como: “un sistema instrumentado usado para la implementación de una o más funciones instrumentadas de seguridad. Un SIS está compuesta de cualquier combinación de sensores, procesadores de lógica y elementos finales”.

---

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## DETERMINACIÓN DE NIS (SIL) OBJETIVO

La normativa IEC 61511 define el Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS) como: un sistema instrumentado usado para la implementación de una o más funciones instrumentadas de seguridad. Un SIS está compuesto de cualquier combinación de sensores, procesadores de lógica y elementos finales.

Una Función Instrumentada de Seguridad se define como “una función a ser implementada por un SIS la cual tienen por finalidad el lograr o mantener el proceso en un estado seguro frente a un evento peligroso específico”

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Nivel de integridad de seguridad (SIL):

**Safety integrity Level:** "...la probabilidad de que un sistema relacionado con la seguridad ejecute de forma satisfactoria las funciones de seguridad requeridas en todas las condiciones especificadas en un periodo de tiempo especificado. El SIL es el nivel de integridad de la seguridad asociado y exigible al sistema de seguridad.

SIL	Disponibilidad requerida
4	> 99,99%
3	99,90 – 99,99%
2	99,00 – 99,90%
1	90,00 – 99,00%

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Probabilidad de falla en demanda promedio (PFD avg):

**Probabilidad Fallo en Demanda (media)** indica la probabilidad media de fallo al ejecutar, bajo demanda, la función para la cual ha sido diseñado. La relación de la  $PFD_{avg}$  con el SIL es la siguiente:

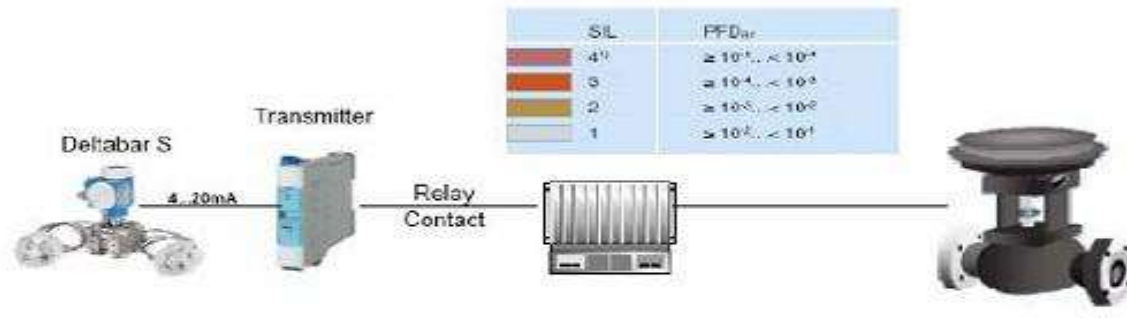
SIL	Disponibilidad requerida	Probabilidad de fallo en demanda (Low Demand Mode)	Probabilidad de fallo en demanda (High Demand Mode)	Factor de reducción de riesgo
4	> 99,99%	$10^{-5}$ a $10^{-4}$	$10^{-5}$ a $10^{-4}$	10.000 a 100.000
3	99,90 – 99,99%	$10^{-4}$ a $10^{-3}$	$10^{-4}$ a $10^{-3}$	1.000 a 10.000
2	99,00 – 99,90%	$10^{-3}$ a $10^{-2}$	$10^{-3}$ a $10^{-2}$	100 a 1.000
1	90,00 – 99,00%	$10^{-2}$ a $10^{-1}$	$10^{-2}$ a $10^{-1}$	10 a 100



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Cálculo de la probabilidad de falla en demanda promedio (PFD avg):

Matemáticamente el cálculo de la PFD media es complejo si se intenta hacer sobre la función de seguridad en su conjunto. Para simplificarlo :

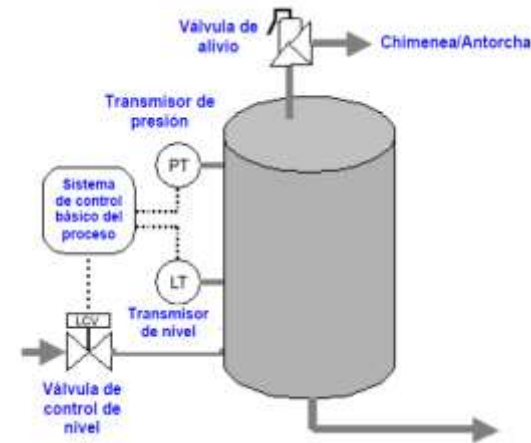


1. Descomponer la función de seguridad en sus elementos principales
2. Calcular la PFDavg de cada elemento.
3. Realizar la suma de la PFDavg de todos los elementos

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Sistemas Instrumentados de Seguridad como capas de protección:

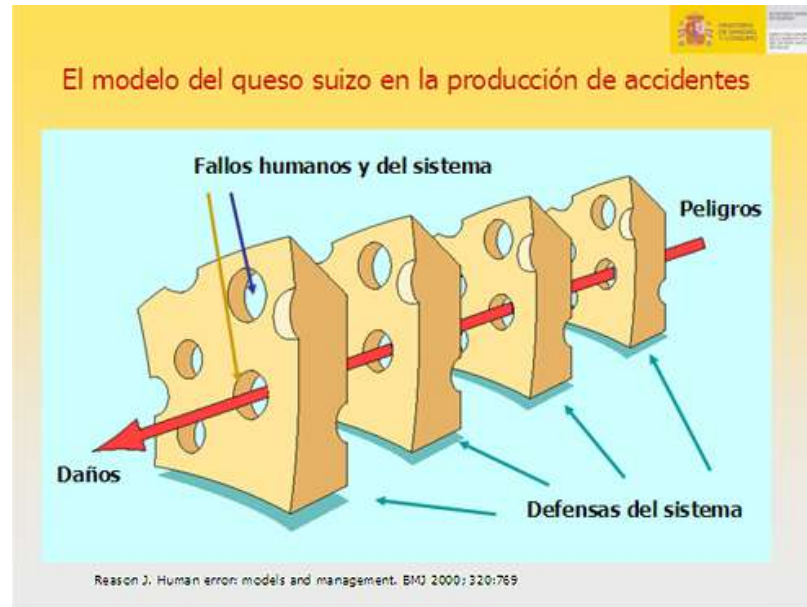
El SIS proporciona una capa de protección independiente que está diseñada para llevar al proceso a un estado seguro cuando ocurre una condición peligrosa. Donde se use, es una parte integral de las operaciones de la planta y para algunas plantas, puede ser un requisito normativo.



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Probabilidad de ocurrencia de eventos:

El modelo de propagación de fallas analiza la cadena de eventos que conllevan a un accidente.



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Análisis y evaluación de riesgos del proceso:

¿Qué es el **Análisis de Peligros del Proceso**? Se trata de identificar los peligros, estimar sus consecuencias y la probabilidad de ocurrencia de los primeros (frecuencia). Los Métodos más comunes para el análisis de riesgos (PHA) son:

Técnicas	Cuándo las podría usar
<ul style="list-style-type: none"><li>• Revisión de seguridad</li><li>• Lista de verificación</li><li>• Análisis preliminar de peligros</li><li>• Análisis de situaciones</li><li>• Estudio HAZOP (HAZard, peligro y OPerability, operabilidad abreviado)</li></ul>	Se usa en estudios de evaluación de peligros preliminares para proporcionar un panorama general de los riesgos existentes. (Generalmente no consume demasiado tiempo.)
<ul style="list-style-type: none"><li>• Qué tal siLista de verificación</li><li>• Estudio HAZOP detallado y completo</li><li>• Análisis de evento y modo de fallo</li></ul>	Se usa para desarrollar un análisis más detallado de los riesgos potenciales.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis de árbol de fallos</li><li>• Análisis de árbol de eventos</li><li>• Análisis causa-consecuencia</li><li>• Análisis de fiabilidad humana</li></ul>	Se usa en combinación con el análisis cuantitativo de riesgos para establecer un alto nivel de detalle acerca de los riesgos. (Generalmente se usa sólo para áreas u operaciones unitarias específicas.)

En esta fase estarán involucrados especialistas de varias disciplinas: control, procesos, operacones, instrumentación, electricidad, etc....:

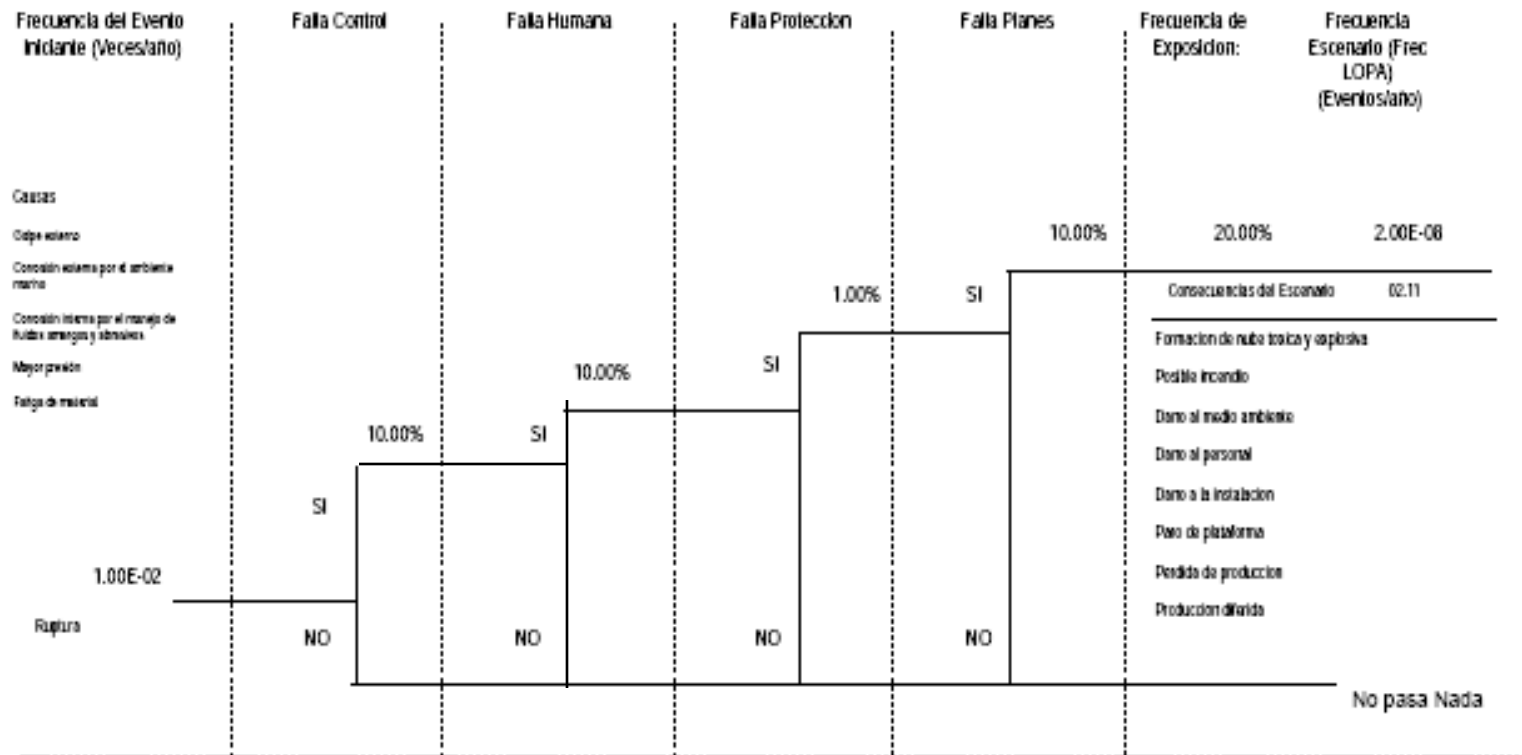
# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

Determinación de Frecuencia de los Eventos mediante el análisis LOPA

## ARBOL DE EVENTOS

Numero de Nodo: 02

Nodo de Estudio: Separador remoto FA-1100 Incluye líneas asociadas hasta las valvulas LV-1102 A/B, LWPV-1101 A/B, PV-1103, PVLV-1100 A/B, PSV-1101 A/B, PSV-1100, BDV



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)



## CERTIFICATE

ABB 070742 P0007 C01.02



exida Certification S.A. hereby confirms that the

### Pressure Transmitter 2600T Model 261

Product Version: Hardware version V1.05, V1.06; Software version V1.05.01

ABB Automation Products GmbH  
Minden, Germany

Has been assessed per the relevant requirements of

### IEC 61508:2000

Parts 1 - 7, and meets requirements providing a level of integrity to

**Systematic Integrity : SIL 2 Capable**

**Random Integrity : SIL 2 Capable**

#### Safety Function

The Pressure Transmitter 2600T Model 261 will measure pressure within the stated safety accuracy and provide the measurement on a 4...20 mA current output.

#### Application Restrictions

The unit must be properly designed into a Safety Instrumented Function per the requirements in the Safety Manual.

*[Signature]*  
Assessor

*[Signature]*  
Certifying Assessor

Date: 14 October 2011

exida Certification SA, Nyon, Switzerland



CERTIFICATE / CERTIFICAT / ZERTIFIKAT / 合格証



## Systematic Integrity: SIL 2 Capable

#### SIL 2 Capability

The product has met manufacturer design process requirements of Safety Integrity Level (SIL) 2. These are intended to achieve sufficient integrity against systematic errors of design by the manufacturer. A Safety Instrumented Function (SIF) designed with this product must not be used at a SIL level higher than the statement without "prior use" justification by end user or diverse technology redundancy in the design.

## Random Integrity: SIL 2 Capable

#### Summary for Pressure Transmitter 2600T Model 261:

- T1 - Pressure Transmitter 2600T Model 261 - p-Pico
- T2 - Pressure Transmitter 2600T Model 261 - p-Cap
- S1 - Remote Seal for S261, normal service, low trip application
- S2 - Remote Seal for S261, normal service, high trip application
- S3 - Remote Seal for S261, severe service, low trip application
- S4 - Remote Seal for S261, severe service, high trip application

#### IEC 61508 failure rates:

Failure category	T1	T2	S1	S2	S3	S4
Fail Safe ( $\lambda_{FS}$ )	100	141	30	1	95	1
Fail Dangerous Detected ( $\lambda_{DD}$ )	402	464	0	0	0	0
Fail Dangerous Undetected ( $\lambda_{DU}$ )	21	36	0	58	0	94
Total failure rate (Safety function)	523	641	30	59	95	95
SIF	95%	94%	-	-	-	-
DC	94%	92%	-	-	-	-
MTBF	182 years	171 years	-	-	-	-

All failure rates are given in FIT  $\times 10^{-7}$ /h

#### SIL Verification:

The Safety Integrity Level (SIL) of an entire Safety Instrumented Function (SIF) must be verified via a calculation of PFD<sub>avg</sub> considering redundant architectures, proof test interval, proof test effectiveness, any automatic diagnostics, average repair time and the specific failure rates of all products included in the SIF. Each subsystem must be checked to assure compliance with minimum hardware fault tolerance (HFT) requirements.

#### The following documents are mandatory parts this certificate:

ABB 0707-42-C R017 Assessment report 261 VZ01  
Safety Manual, SM/261/SIL-EN Rev. 05

exida Certification SA, Nyon, Switzerland

info@exida.com.ch

The holder of this certificate  
must use the mark.



CERTIFICATE / CERTIFICAT / ZERTIFIKAT / 合格証



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

**Taxonomy no. and item**  
 1.2.1.3  
 Process Systems  
 Valves  
 ESD (Emergency Shut-Down)

**Internal environment**  
 Crude oil, gas or water.  
**External environment**  
 Enclosed, partially enclosed, outdoor.

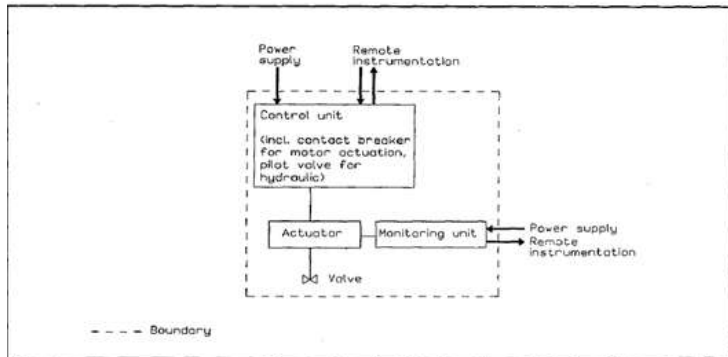
**Description**  
 Gate valves, ball valves and globe valves. Electric, pneumatic or hydraulic actuator. Size 2" - 34", typically 2" - 4" or greater 8".

**Maintenance**  
 The Emergency Shutdown System (incl. ESD valves) shall be designed so that it can be tested when the installation is in operation.

**Application**  
 Used to shut off part of or the entire process during emergency. Normally held open, fail-safe construction. When the valve has closed, it must be opened manually.

**Item boundary specification**  
 Only failures within the boundary indicated by the dashed line in the figure below are included in the reliability data source.

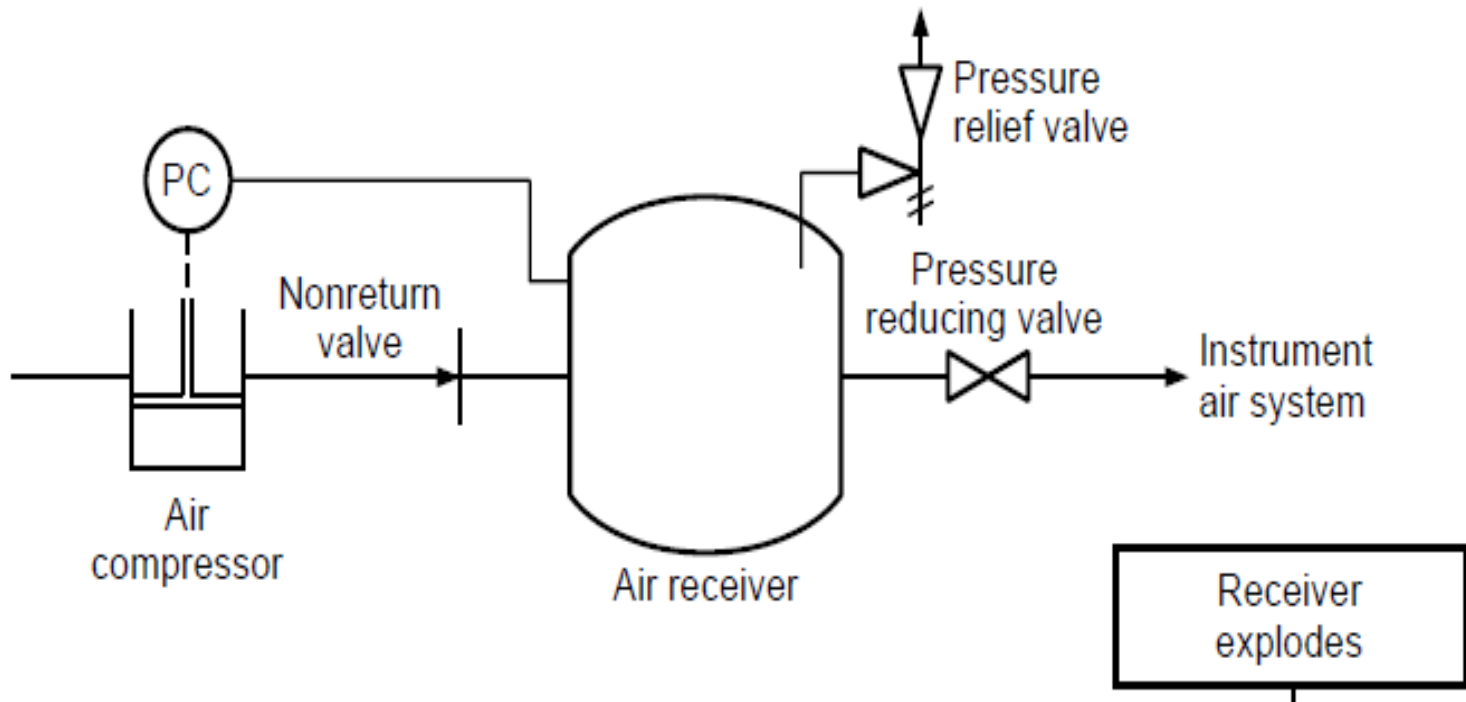
**Operational mode**  
 Normally open (fail-safe-close). Tested regularly.



Taxonomy no 1.2.1.3		Item Process Systems Valves ESD						
Population 322	Installations 12	Aggregated time in service (10 <sup>6</sup> hours)			No of demands			
		Calendar time * 6.4065		Operational time †	Active repair (hours)	Repair (manhours)		
Failure mode	No of failures	Failure rate (per 10 <sup>6</sup> hours)				Min	Mean	Max
		Lower	Mean	Upper				
<b>Critical</b>	<b>64 *</b>	<b>6.46</b>	<b>9.17</b>	<b>12.29</b>	<b>12.3</b>	<b>1.0</b>	<b>20.5</b>	<b>245.0</b>
External leakage	2 *	0.09	0.28	0.85	5.5	6.0	8.5	11.0
Faulty indication	4 *	0.25	0.56	1.26	3.7	2.0	5.5	10.0
Fail to close	27 *	2.77	3.81	5.24	9.3	1.0	15.2	169.0
Fail to open	15 *	1.36	2.12	3.26	12.9	1.0	21.6	125.0
Internal leakage	1 *	0.03	0.14	0.63	3.5	5.0	5.0	5.0
Overhaul	2 *	0.09	0.28	0.85	140.4	245.0	245.0	245.0
Significant external leakage	1 *	0.02	0.14	0.65	1.7	2.0	2.0	2.0
Seepage	1 *	0.03	0.14	0.63	56.5	98.0	98.0	98.0
Significant internal leakage	7 *	0.00	1.12	2.64	12.3	11.0	20.6	45.0
Spurious operation	3 *	0.17	0.43	1.06	3.5	2.0	5.0	8.0
Unknown	1 *	0.02	0.14	0.65	6.3	10.0	10.0	10.0
<b>Degraded</b>	<b>19 *</b>	<b>1.94</b>	<b>2.95</b>	<b>4.40</b>	<b>11.2</b>	<b>2.0</b>	<b>18.5</b>	<b>98.0</b>
Delayed operation	1 *	0.02	0.16	0.71	37.7	65.0	65.0	65.0
External leakage	6 *	0.47	0.93	1.79	9.9	2.0	16.3	82.0
Faulty indication	2 *	0.09	0.31	0.95	4.9	7.0	7.5	8.0
Internal leakage	9 *	0.67	1.40	2.56	11.0	2.0	18.2	98.0
Unknown	1 *	0.02	0.16	0.71	6.3	10.0	10.0	10.0
<b>Incipient</b>	<b>51 *</b>	<b>5.78</b>	<b>7.69</b>	<b>10.01</b>	<b>6.4</b>	<b>0.5</b>	<b>10.2</b>	<b>126.0</b>
External leakage	12 *	0.79	1.63	2.88	14.3	2.0	24.0	126.0
Faulty indication	10 *	0.85	1.58	2.73	3.6	2.0	5.2	20.0
Internal leakage	19 *	1.83	2.93	4.45	1.1	0.5	0.9	4.0
Other modes	1 *	0.02	0.16	0.71	14.9	25.0	25.0	25.0
Seepage	5 *	0.37	0.77	1.58	13.0	2.0	21.8	76.0
Unknown	4 *	0.26	0.63	1.42	3.9	2.0	5.8	10.0
<b>Unknown</b>	<b>17 *</b>	<b>0.95</b>	<b>2.22</b>	<b>3.91</b>	<b>7.4</b>	<b>2.0</b>	<b>12.0</b>	<b>58.0</b>
Faulty indication	9 *	0.49	1.11	2.11	5.1	2.0	8.0	26.0
Overhaul	4 *	0.14	0.50	1.24	15.0	6.0	25.3	58.0
Unknown	4 *	0.15	0.60	1.43	5.0	3.0	7.8	18.0

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Análisis de capas de protección (LOPA):



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

Evento Inicial	Falla del Operador	Falla del Regulador de Presión	Falla de la Válvula de Seguridad	Explosión del Tanque
				<b>1 x 10<sup>-07</sup></b>
			<b>0.01</b>	<b>Frecuencia del Evento</b>
			<b>Probabilidad</b>	<b>No Pasa Nada</b>
		<b>0.1</b>		
		<b>Probabilidad</b>		
	<b>0.1</b>			<b>No Pasa Nada</b>
	<b>Probabilidad</b>			
<b>0.001 Eventos/año</b>				<b>No Pasa Nada</b>
<b>Frecuencia</b>				
				<b>No Pasa Nada</b>

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

---

**PFD obj = Frec. Objetivo/ Frec. Evento No Deseado**

**PFD obj =  $1 \times 10^{-06} / 1 \times 10^{-07}$**

**PFD obj = 10**

**¿La Función Instrumentada cumple con el Riesgo Aceptable/Tolerable?**

**¿ Se requiere una Capa Independiente de Protección?**

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Probabilidad de falla en demanda promedio (PFD avg):

**Probabilidad Fallo en Demanda (media)** indica la probabilidad media de fallo al ejecutar, bajo demanda, la función para la cual ha sido diseñado. La relación de la  $PFD_{avg}$  con el SIL es la siguiente:

SIL	Disponibilidad requerida	Probabilidad de fallo en demanda (Low Demand Mode)	Probabilidad de fallo en demanda (High Demand Mode)	Factor de reducción de riesgo
4	> 99,99%	$10^{-5}$ a $10^{-4}$	$10^{-5}$ a $10^{-4}$	10.000 a 100.000
3	99,90 – 99,99%	$10^{-4}$ a $10^{-3}$	$10^{-4}$ a $10^{-3}$	1.000 a 10.000
2	99,00 – 99,90%	$10^{-3}$ a $10^{-2}$	$10^{-3}$ a $10^{-2}$	100 a 1.000
1	90,00 – 99,00%	$10^{-2}$ a $10^{-1}$	$10^{-2}$ a $10^{-1}$	10 a 100

0.00

10.00

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

Evento Inicial	Falla del Operador	Falla del Regulador de Presión	Falla de la Válvula de Seguridad	Explosión del Tanque
				<b>1 x 10<sup>-05</sup></b>
			<b>0</b>	<b>Frecuencia del Evento</b>
			<b>Probabilidad</b>	<b>No Pasa Nada</b>
		<b>0.1</b>		
		<b>Probabilidad</b>		
	<b>0.1</b>			<b>No Pasa Nada</b>
	<b>Probabilidad</b>			
<b>0.001 Eventos/año</b>				<b>No Pasa Nada</b>
<b>Frecuencia</b>				
				<b>No Pasa Nada</b>



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

---

**PFD obj = Frec. Objetivo/ Frec. Evento No Deseado**

$$\text{PFD obj} = 1 \times 10^{-06} / 1 \times 10^{-05}$$

$$\text{PFD obj} = 0.1 = 1 \times 10^{-01}$$

**¿La Función Instrumentada cumple con el Riesgo Aceptable/Tolerable?**

**¿ Se requiere la Capa Independiente de Protección de Válvula se Seguridad?**

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Probabilidad de falla en demanda promedio (PFD avg):

**Probabilidad Fallo en Demanda (media)** indica la probabilidad media de fallo al ejecutar, bajo demanda, la función para la cual ha sido diseñado. La relación de la  $PFD_{avg}$  con el SIL es la siguiente:

SIL	Disponibilidad requerida	Probabilidad de fallo en demanda (Low Demand Mode)	Probabilidad de fallo en demanda (High Demand Mode)	Factor de reducción de riesgo
4	> 99,99%	$10^{-5}$ a $10^{-4}$	$10^{-5}$ a $10^{-4}$	10.000 a 100.000
3	99,90 – 99,99%	$10^{-4}$ a $10^{-3}$	$10^{-4}$ a $10^{-3}$	1.000 a 10.000
2	99,00 – 99,90%	$10^{-3}$ a $10^{-2}$	$10^{-3}$ a $10^{-2}$	100 a 1.000
1	90,00 – 99,00%	$10^{-2}$ a $10^{-1}$	$10^{-2}$ a $10^{-1}$	10 a 100

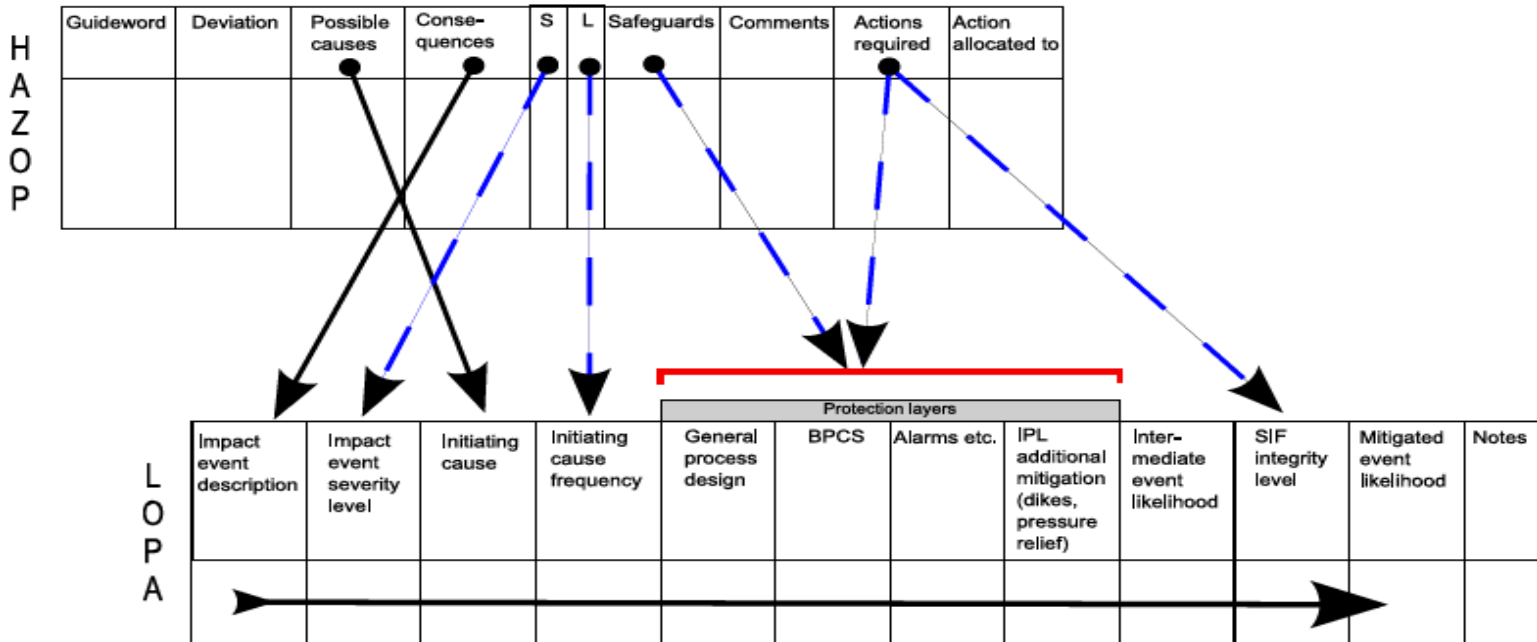
# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Análisis de Capas de Protección (LOPA):

#	1	2	3	4	5			6	7	8	9	10	11	12							
					CAPAS DE PROTECCIÓN										Mitigación adicional	Frecuencia Intermedia del Evento (eventos/año)	Numero de IPLs	SIF Necesaria ?	SIF Nivel de Integridad	Frecuencia de Evento Mitigado (por año)	Notas (SIF ID)
					Diseño del proceso	Contr Básico o Proceso	Alarmas														
1	Reactor Rupture	E 10 <sup>-5</sup>	Coolant H2O control fails	10 <sup>-1</sup>	No	No	No	PSVs 10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	1 (PSVs)	Yes	3 (Depress.) 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-5</sup>	S-1							
8																					

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

## Análisis de Capas de Protección (LOPA):



- Directly from HAZOP to LOPA
- - - Needs evaluation and / or transformation

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

---

## Determinación del SIL Objetivo de cada función:

**Objetivo:** definir el SIL requerido para cada SIS para conseguir la adecuada reducción del riesgo hasta un nivel aceptable.

El cálculo del SIL requerido no es, por tanto, una medida del riesgo del proceso, sino una medida de la disponibilidad del sistema de seguridad que es necesario para mantener los riesgos del proceso en el nivel que hemos fijado como aceptable.

**El cálculo del SIL requerido puede hacerse mediante :**

- Métodos cualitativos
- Métodos cuantitativos.

**Es una de las fases más complejas, de mayores repercusiones a nivel de instalación donde están involucrados todavía los mismos profesionales de la etapa anterior..**

# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

---

## Determinar el SIL Objetivo de cada función:

El Procedimiento básico para su obtención es el siguiente:

- 1) Identificar los escenarios de riesgo, obtenidos del análisis de riesgo.
- 2) Seleccionar un escenario de riesgo.
- 3) Identificar los índices de frecuencia y consecuencia del escenario de riesgo, los cuales corresponden a los índices de las tablas de ponderación de matrices de riesgo
- 4) Determinar el nivel de impacto del escenario de riesgo, tomando en cuenta su índice de consecuencia, utilizando la tabla NRF-045-PEMEX-2002 y la tabla de ponderación de consecuencias.
- 5) Determinar la frecuencia del evento utilizando la columna “Estimación puntual, (evento/año)” de la tabla de Ponderación de Frecuencias de matrices de riesgo
- 6) Determinar la frecuencia objetivo del evento utilizando la tabla 1 de la NRF-045-PEMEX-2002 (Frecuencia objetiva por año).
- 7) Calcular la probabilidad objetivo de falla en demanda promedio para el escenario seleccionado ( $^{obj}PFD_{prom}$ ). Mediante la siguiente formula.



# INTRODUCCIÓN A SEGURIDAD FUNCIONAL (SIL)

**Determinar el SIL Objetivo de cada función:**

$$\text{Obj.PFD}_{\text{Prom.}} = F_{\text{obj}} / F_{\text{evento}}$$

En donde:

$\text{Obj.PFD}_{\text{Prom.}}$  = Probabilidad Objetivo de Falla

$F_{\text{Obj}}$  = Frecuencia Objetivo

$F_{\text{evento}}$  = Frecuencia evento no mitigado

- 8) Determinar el SIL Objetivo utilizando la tabla 2 del a NRF-045-PEMEX-2002, Asignación del (NIS, SIL) sobre la base del PFD y el FRR.
- 9) Continuar con todos los escenarios de riesgos identificados.

# Muchas Gracias

---



**Ing. Alfredo Mendoza Reyes**

[Alfredo.mendoza@dnvgl.com](mailto:Alfredo.mendoza@dnvgl.com)

**Tel. 5543513313**