



Evento Híbrido
Virtual / Presencial



Organiza:

CSOA
CORPORACIÓN DE SALUD
OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

www.corporacionsoa.co

45° Congreso de Ergonomía, Higiene,
Medicina y Seguridad Ocupacional.

Hotel Intercontinental Medellín - Colombia
29, 30 y 31 de octubre de 2025

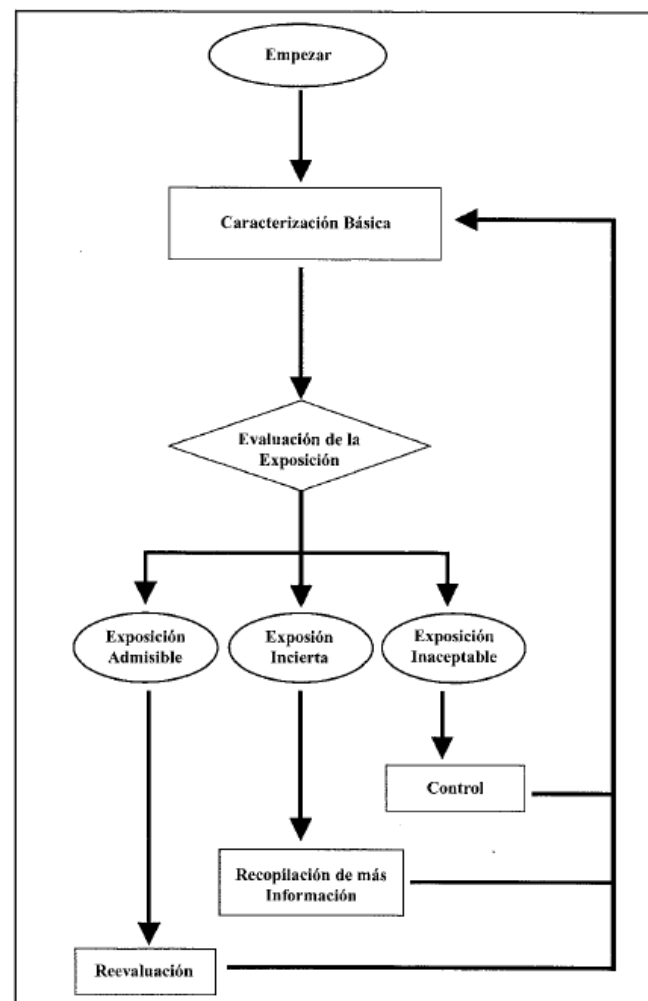
Herramientas para la Evaluación Cuantitativa de la Exposición

Eduardo Shaw, CIH, CSP
Safety & Health At Work
Licenciado en Seguridad Ocupacional
Magíster en Higiene Industrial



- AIHA, 2015
 - OSHA-NIOSH 6b, 1977
 - “Inspector de OSHA,” 2003
 - Alcoa / Damiano, 1995
 - Hewett, 2005
-
- CEN EN689, 1995
 - AENOR, 1996
 - BOHS & NVvA, 2011

*Fuente: Hewett, Reporte Técnico No. 05-03, 2005 (www.oesh.com)



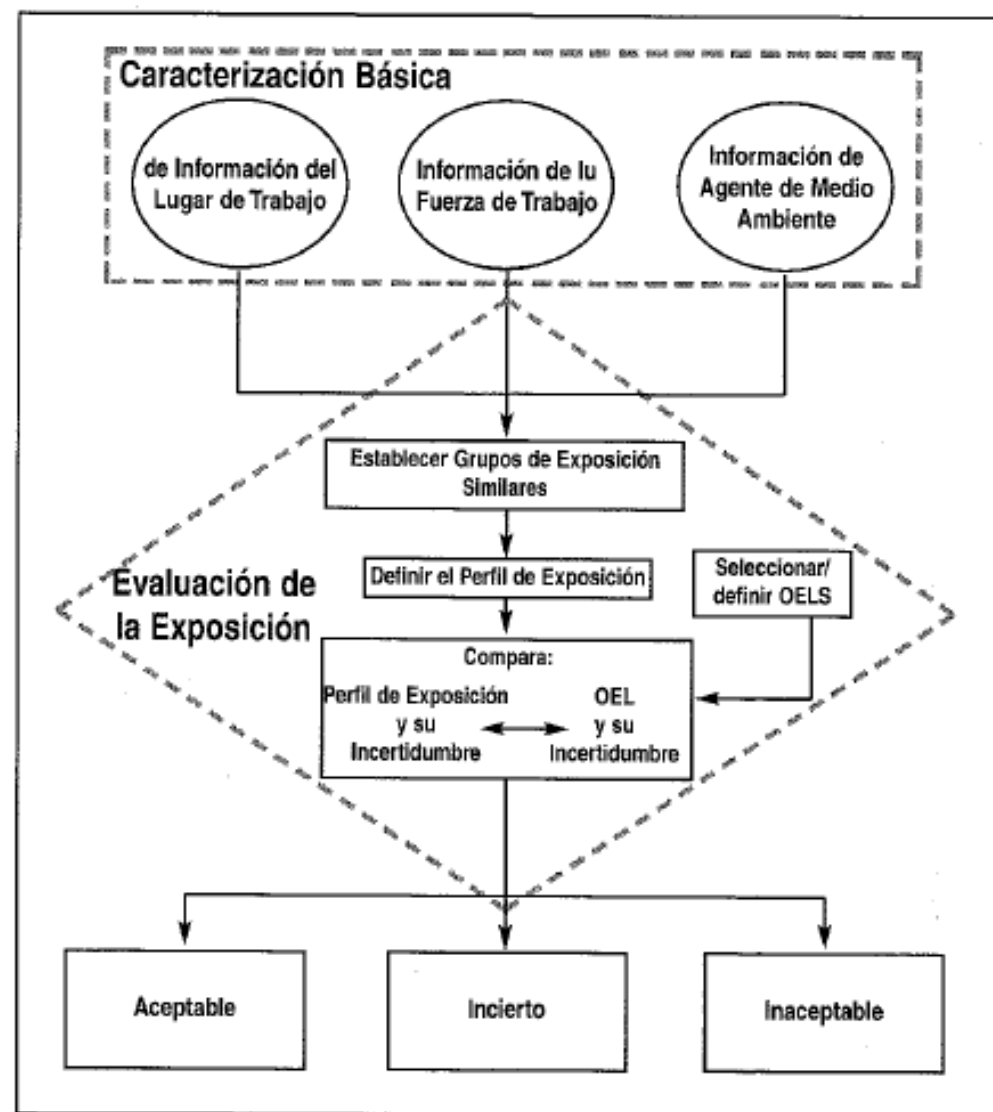
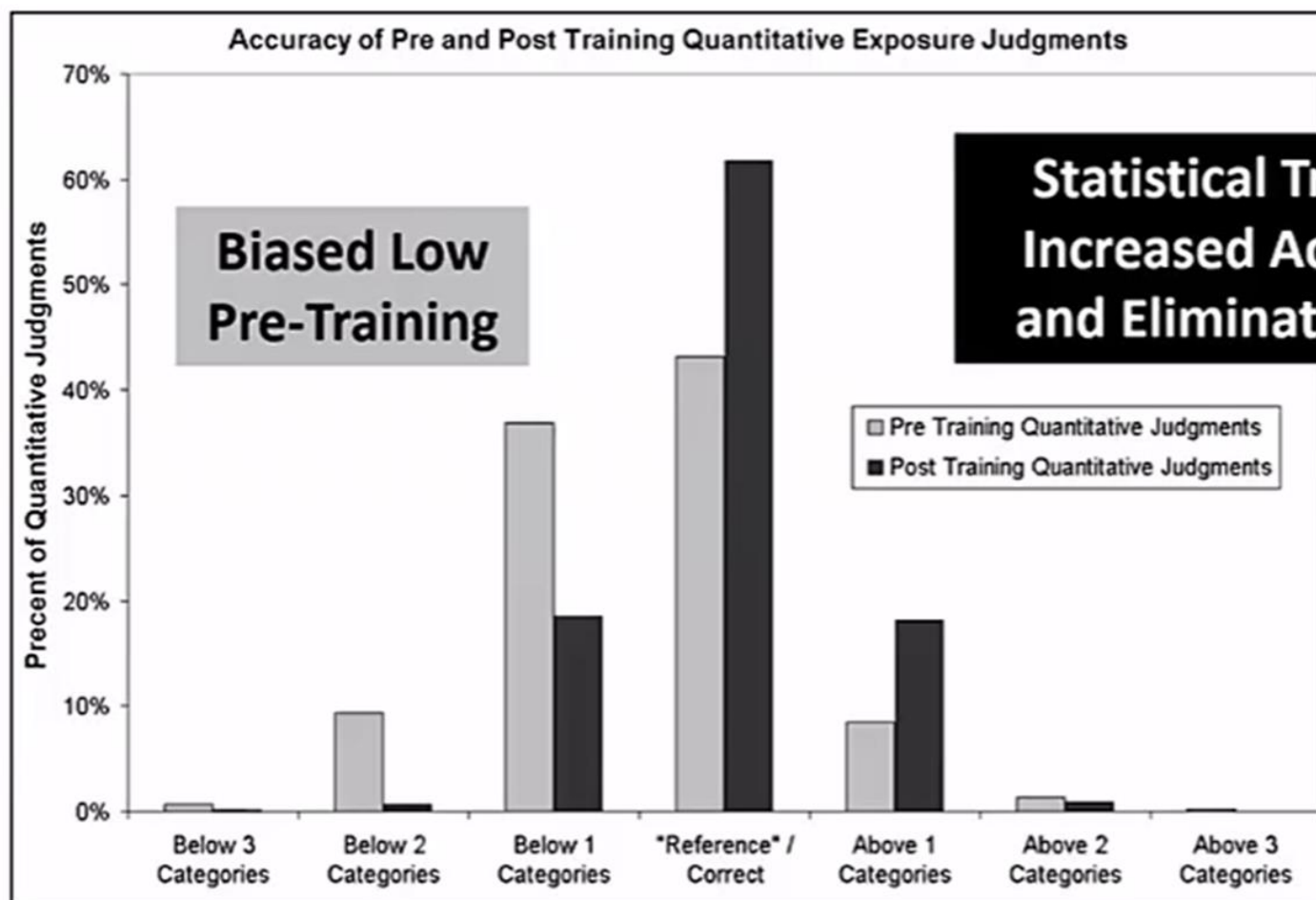


Figura 5.1 — Definición de perfiles de exposición y de juzgar.

¿Qué tan certeras son las evaluaciones de los higienistas ocupacionales?



- S. Arnold, G. Ramachandran. *The Synergist*. Vol. 25, No. 1. Enero 2014
 - Universidad de Minnesota
- Estudios arrojan que evaluaciones cualitativas son precisas en un 30% approx.
 - Tan precisas como escoger aleatoriamente
- Esto se debe al gran volumen de información que el HI debe procesar
- Conclusiones:
 - Los criterios de HIs con datos cualitativos erran a menudo
 - Estos tienden a subestimar las exposiciones



P. Logan, G. Ramachandran, J. Mulhausen and P. Hewett "Occupational Exposure Decisions: Can Limited Data Interpretation Training Help Improve Accuracy?". Annals of Occupational Hygiene - 2009

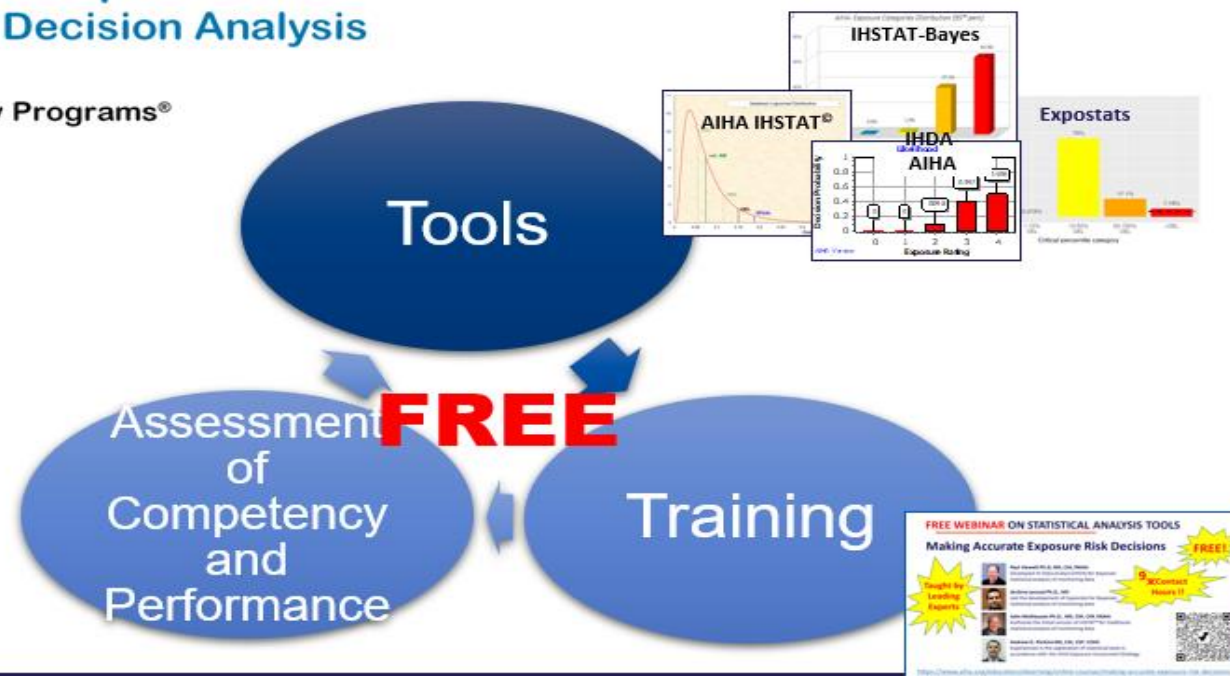
IMPROVING EXPOSURE JUDGMENT ACCURACY

Improving Exposure Decision Accuracy:
Complete Resource Package



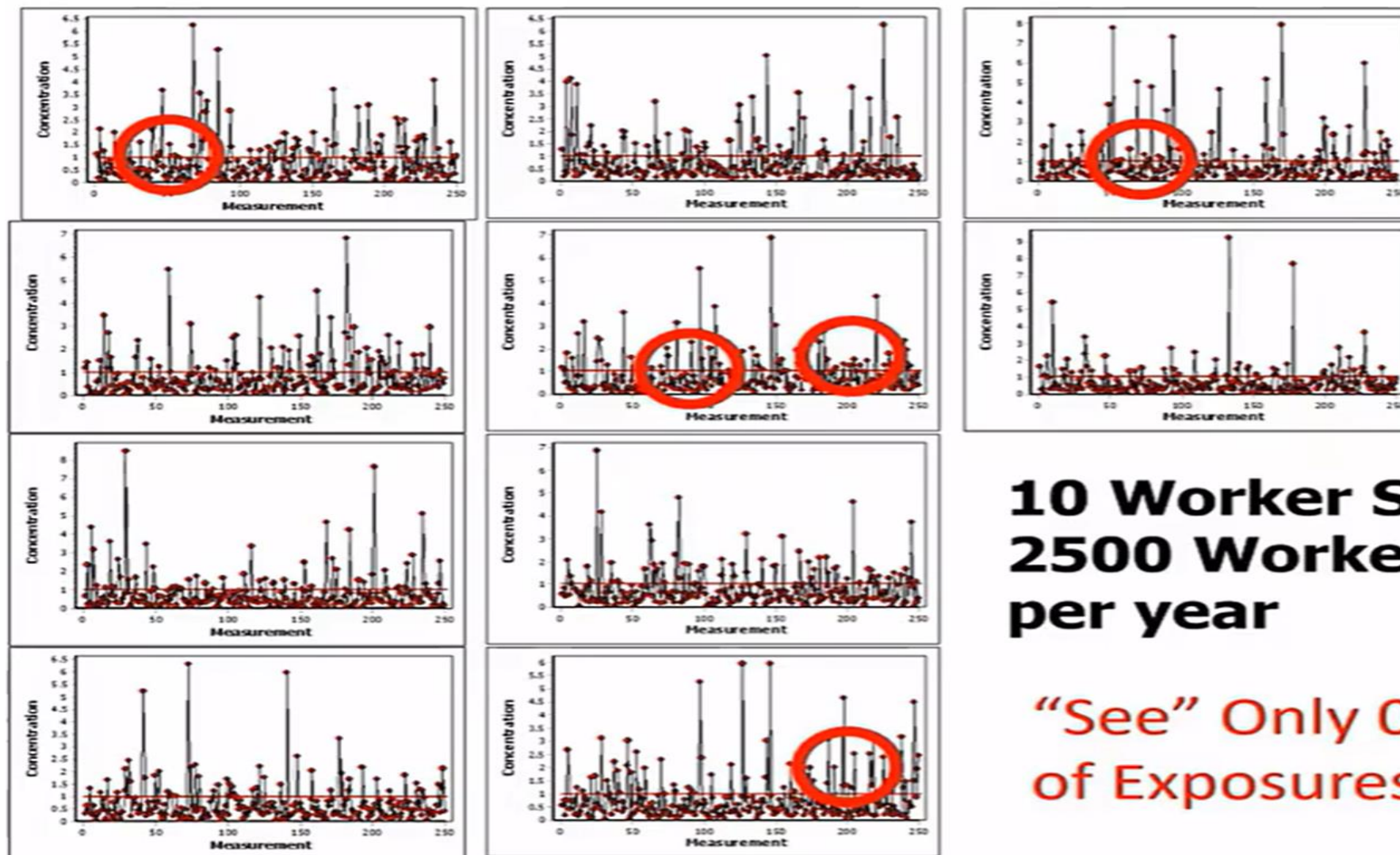
Registered Specialist
Exposure Decision Analysis

AIHA Registry Programs®



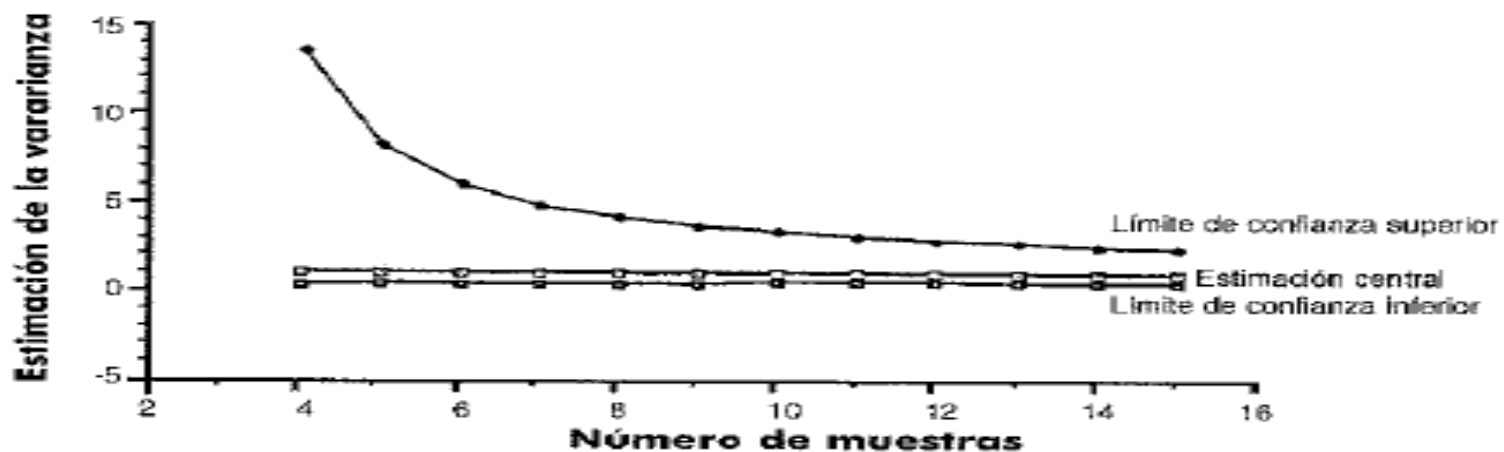
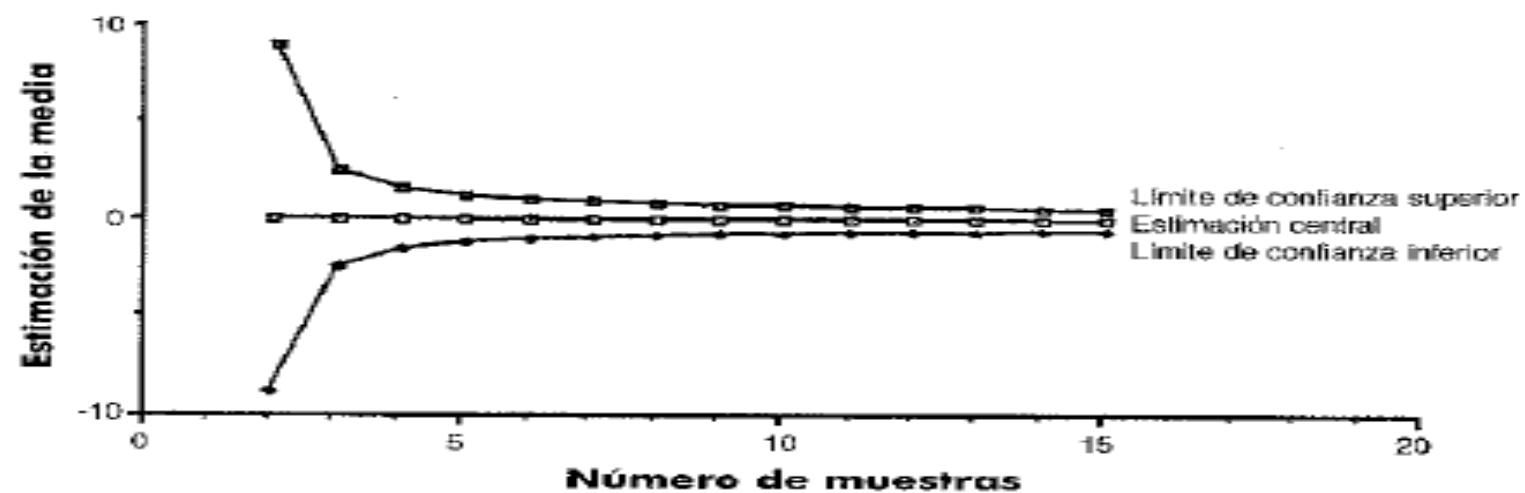
Determinando el número de mediciones necesarias.

- ¿Cuántas mediciones se necesitan?
- Asumiendo monitoreo al azar....



**10 Worker SEG:
2500 Worker-days
per year**

**“See” Only 0.2%
of Exposures**



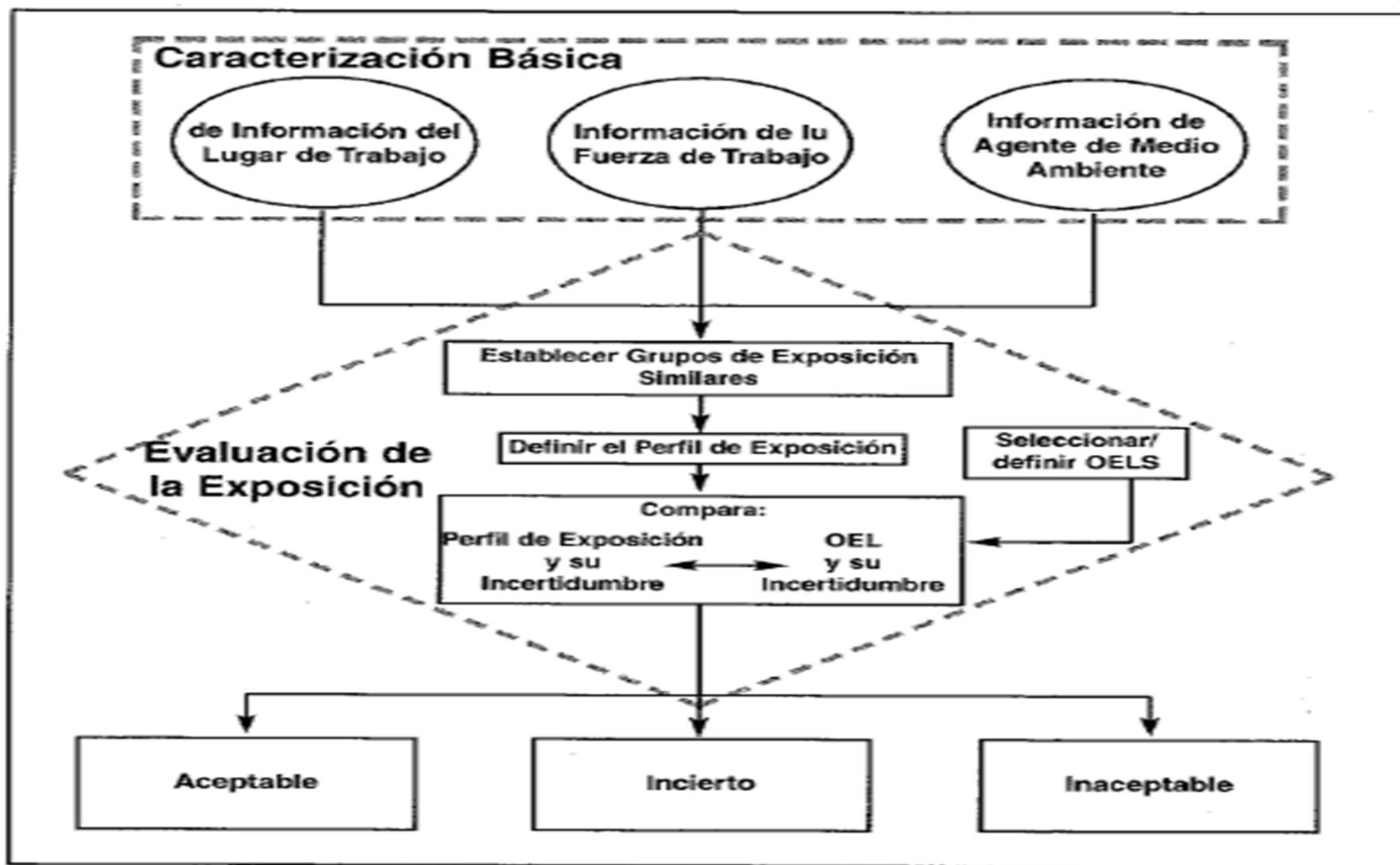


Figura 5.1 — Definición de perfiles de exposición y de juzgar.

Caracterizando las exposiciones



Figura 5.4 — Proceso de clasificación de las exposiciones.

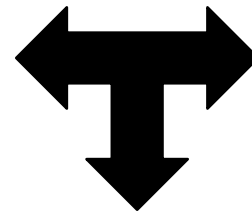
Índice de la Exposición (AIHA)
1 (< 10% del LEO)
2 (10-50% del LEO)
3 (50-100% del LEO)
4 (> 100% del LEO)

Conformar GES y su evaluación:

- Cualitativa
- Cuantitativa (monitoreo, estadísticas)

Definición de un límite de exposición ocupacional

Definir un perfil de la exposición (percentil 95) +/- margen de error



Selección de un límite de exposición ocupacional +/- margen de error

Índice de la Exposición (AIHA)	Control recomendado
1 (< 10% del LEO)	Procedimientos y capacitaciones, comunicación del riesgo en general
2 (10-50% del LEO)	+ comunicación del riesgo específico, monitoreo de la exposición periódico
3 (50-100% del LEO)	+ monitoreo de la exposición obligatorio, verificación de los controles, seguimiento médico, monitoreo biológico
4 (> 100% del LEO)	+ implementación de la jerarquía de controles, monitoreo para validar selección de protección respiratoria y <i>absorción por la piel</i>

Términos y Básicos

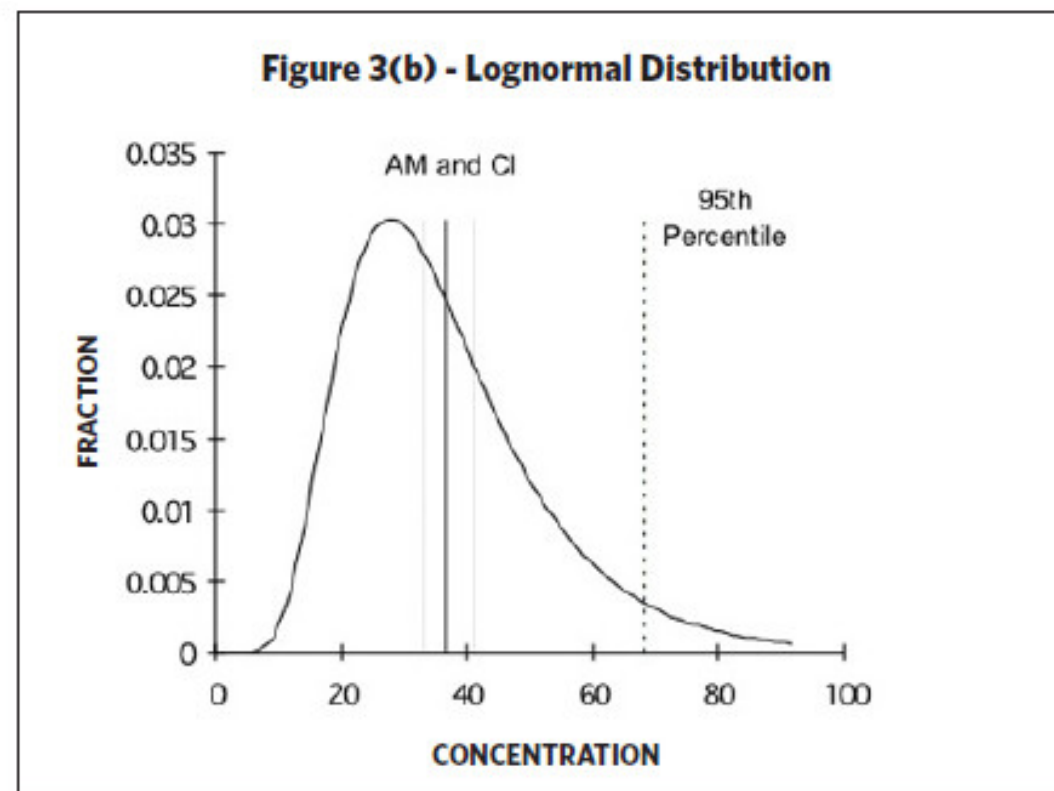
- Distribución normal vs. log-normal
- Desviación Estándar Geométrica – GSD
- Diagramas de Probabilidades
- Percentil 95
- Intervalo de Confianza e Intervalo de Tolerancia

¿Utilidad del GSD?

<u>GSD</u>	<u>Inferencia</u>
1.0	No hay variabilidad. Todas las lecturas tienen el mismo valor.
<1.44	Resultados se aproximan a una distribución log-normal
1.5-2.0	Variabilidad baja
2.0-3.5	Variabilidad moderada
>3.5	Variabilidad alta

Perfil de exposición: Media Aritmética o “Percentil 95”

- **Percentil 95** = el valor (en ppm o mg/m³) estimado usando estadísticas que está por encima del 95% de todas exposiciones
- **La media** = 50% por encima y 50% por debajo
- El LEO se refiere a proteger a “casi todos” los trabajadores...





Términos y Básicos

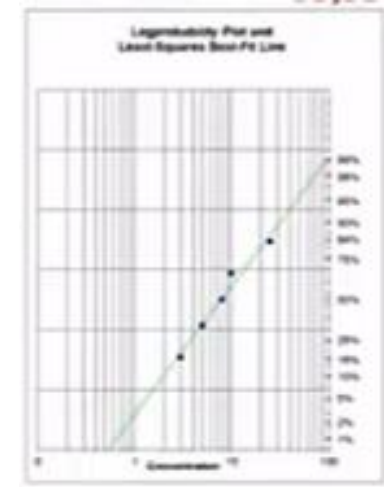
- Percentil 95

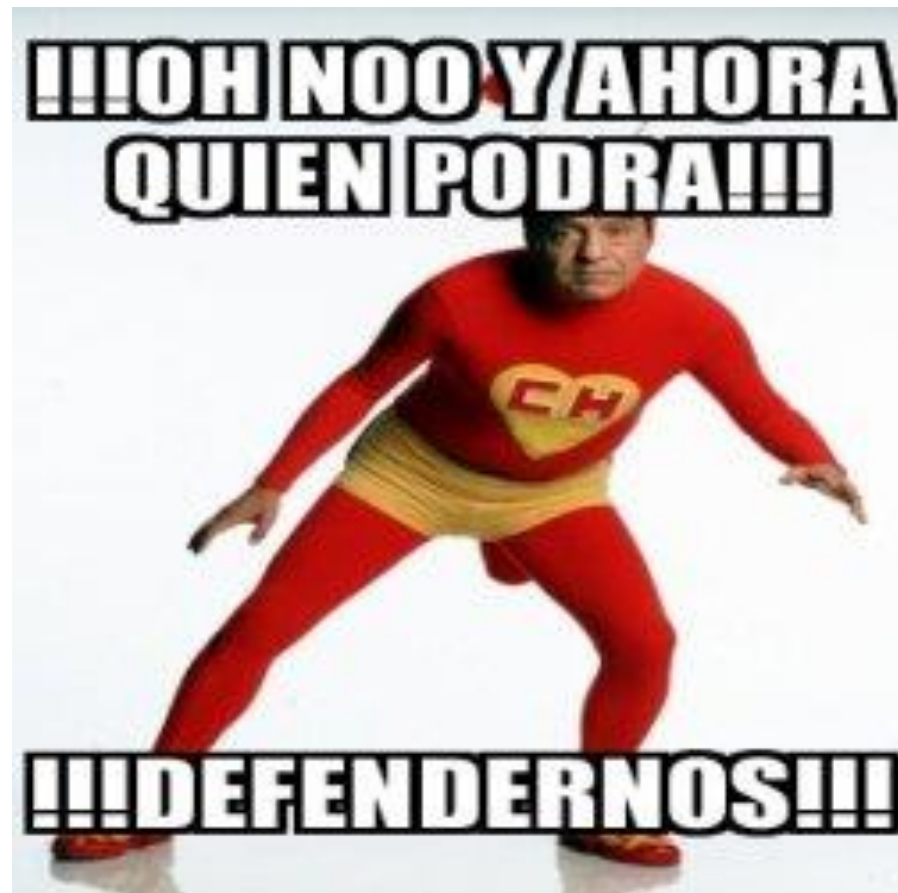
- Intervalo de Confianza e Intervalo de error

Todos estos valores son estimados (con márgenes de error) por que salen de una muestra de todo el universo de posibilidades

Percentil 95 y el límite superior de confianza 95%

- LEO = 100 ppm
- Datos de monitoreo:
 - 8 ppm
 - 25 ppm
 - 5 ppm
 - 10 ppm
 - 3 ppm
- GSD = 2.2
 - Distribución log-normal?
 - 1 GES?
- Perfil de exposición percentil 95 = 29.1 ppm
 - Índice de exposición AIHA = 2 (10 – 50%)
 - Incierto / monitoreo, capacitación
- Límite superior de confianza (95%) = 222.1 ppm
 - No tengo el 95% de confianza que el verdadero valor del percentil 95 está por debajo del límite ocupacional





OEL = 100 ppm

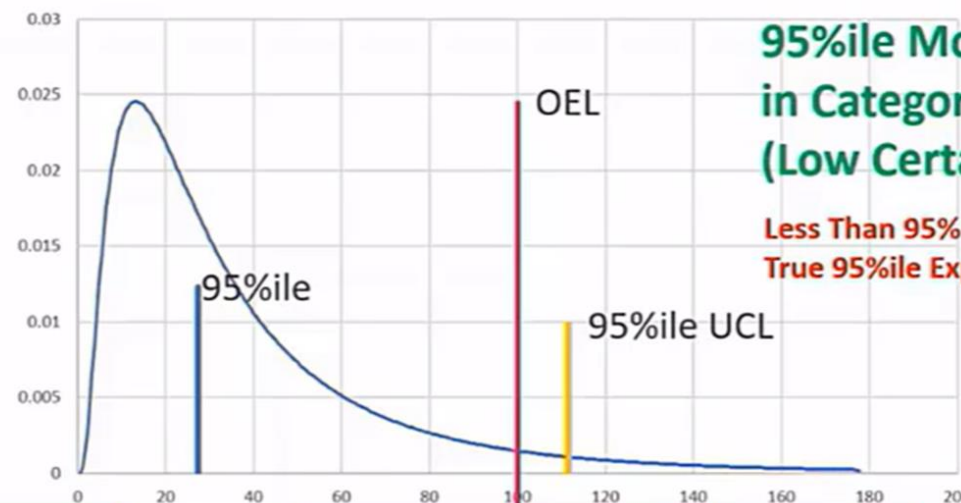
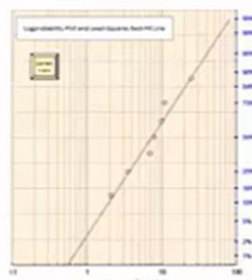
Sample Results DL/sqrt(2) Substitution for Non-Detects (ppm)
8
25
<5 → 3.54
10
<3 → 2.12
7
11

GM = 7.35 ppm

GSD = 2.3

95%ile = 27.4 ppm

UTL_{95%,95%} = 112 ppm



**95%ile Most Likely
in Category 2
(Low Certainty)**

**Less Than 95% Confident That
True 95%ile Exposure < OEL**

29% censored

Exposure Rating Category*	0 (<1% of OEL)	1 (<10% of OEL)	2 (10-50% of OEL)	3 (50-100% of OEL)	4 (>100% of OEL)	Multiples of OEL (>500% of OEL or others based on respirator APF)
Recommended Control	No action	Procedures and Training; General Hazard Communication	+ Chemical Specific Hazard Communication; Periodic Exposure Monitoring,	+ Required Exposure Monitoring, Workplace Inspections to Verify Work Practice Controls; Medical Surveillance, Biological Monitoring	+ Implement Hierarchy of Controls; Monitoring to Validate Respirator Protection Factor Selection.	+ Immediate Engineering Controls or Process Shut Down, Validate Acceptable Respirators

Pasos para el análisis e interpretación de datos

1. Subir los datos a la herramienta
2. Confirmar distribución log normal / confirmar GES
3. Revisar estadísticas descriptivas
 - Desviación estándar geométrica / confirmar GES
 - Perfil de exposición (p.ej. percentil 95) vs. LEO
 - Límite de confianza superior 95% vs. LEO
4. Asignar un índice de exposición y nivel de certeza
 1. Índice de exposición: 1, 2, 3, o 4
 2. Nivel de certeza: bajo, medio o alto
5. Documentar el análisis y recomendaciones
 - Recomendar controles y EPP, evaluación, muestreo, seguimiento, etc.



Listado de programas de la AIHA



Sitio web:

[Herramientas para la evaluación del riesgo de la AIHA](#)

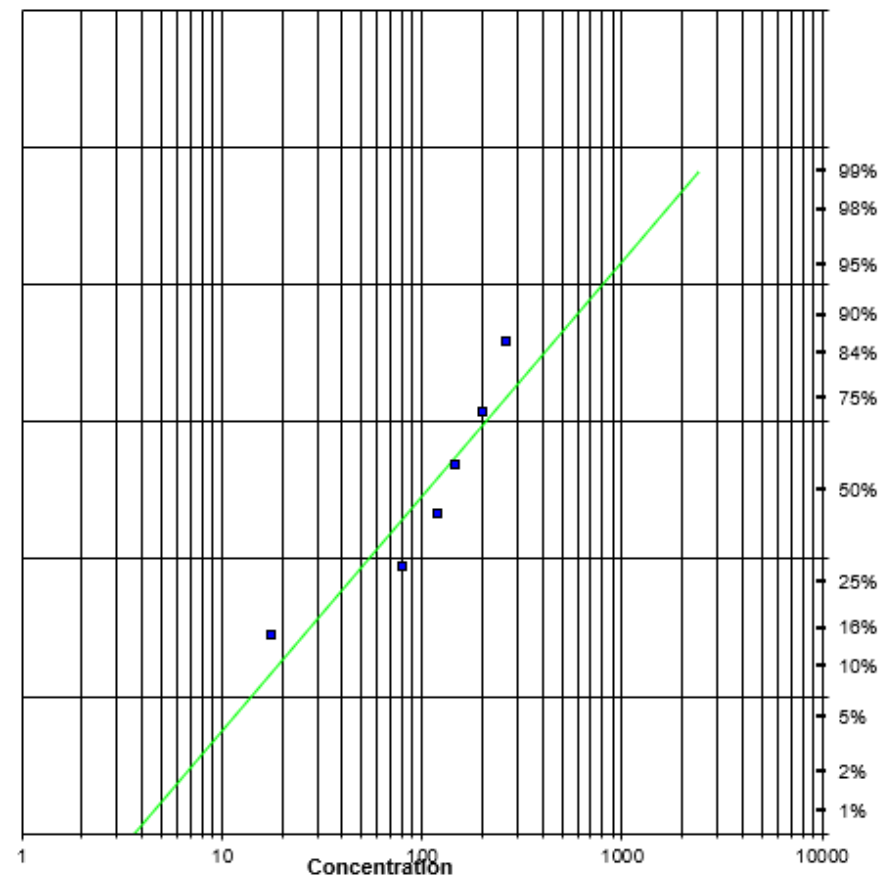
- Gratis
- Desarrollador: AIHA (Dr. John Mulhausen, CIH y Dr. Daniel Dorlet, CIH)
- Complementa el texto de “Estrategias de Evaluación de la Exposición” de la AIHA
- Hoja de cálculo en Excel
- Traducida al español (y otros idiomas)
- No acepta valores “menos del límite de detección” o “< LOD”
- [IHSTAT™ \(multi-language version\)](#)

- Gratis* (donación de US\$100 para AIHAF por uso en trabajos profesionales)
- Desarrollador: Dr. Paul Hewitt, CIH
- Programa Independiente
- Con base en estadísticas bayesianas
- Solo en inglés
- Acepta valores “menos del límite de detección” o “< LOD”
- [IHDA-AIHA™](#)

- Gratis
- Desarrollador: Universidad de Montreal
- Aplicación en la Web (versiones en, y fuera, de línea)
- Con base en estadísticas bayesianas
- Solo en inglés
- Acepta valores “menos del límite de detección” o “< LOD”
- [Expostats](#)

Data Description:		OEL	
		OEL Type:	Single Value
		OEL Value:	100
		OEL Type:	Single Value
		OEL:	100
		Max Use Concentration (MUC = OEL x APF)	100
		Respirator APF:	None
		<LOD Substitute:	LOD/SQRT(2)
		'n' for CL Calcs:	All Results
Sample Data ↓		DESCRIPTIVE STATISTICS	
Use "<" to indicate <LOD Max n = 50. Max censored = 50%	205.40	Number of samples (n)	6
	148.50	Number of censored values (<LOD)	0
	122.10	Percent censored (%<LOD)	0.00
	267.10	Maximum (max)	267.10
	18.06	Minimum (min)	18.060
	81.40	Range	249.040
		Percent above OEL (%>OEL)	66.667
		Mean	140.427
		Median	135.300
		Standard deviation (s)	88.461
		Mean of log transformed data (LN)	4.669
		Std. deviation of log transformed data (LN)	0.962
		Geometric mean (GM)	106.539
		Geometric standard deviation (GSD)	2.617
		TEST FOR DISTRIBUTION FIT	
		W-test of log transformed data (LN)	0.880
		Lognormal (a = 0.05)?	Yes
		W-test of data	1.006
		Normal (a = 0.05)?	Yes
		LOGNORMAL PARAMETRIC STATISTICS	
		Estimated Arithmetic Mean - MVUE	153.698
		LCL _{1,95%} - Land's "Exact"	85.635
		UCL _{1,95%} - Land's "Exact"	947.82
		95th Percentile	518.508
		UTL _{95%,70%}	873.142
		UTL _{95%,95%}	3771.38

Log probability Plot and
Least-Squares Best-Fit Line



Sequential Data Plot

300

IHDataAnalyst-AIHA

Calculate All GOF Graphs Statistics BDA Charts

Data GOF BDA CDA

Facility Information

Facility

Department

Building

Process

Task

Substance Information

Substance

OEL

Comments

Data Entry

	Sample #	Conc	DL	Date	Group
1		8			
2		25			
3		5	<		
4		10			
5		3	<		
6		7			
7		11			
8					
9					

Statistics GOF Graphs BDA Charts CDA Graph

Descriptive Statistics:

GM = 8.0700
GSD = 2.032

Compliance Statistics (lognormal):

X0.95 = 25.9000 95%LCL = 15.5000 95%UCL = 89.8000
X0.95 = 25.9000 70%UCL = 36.3000 (per EU EN689)

ExcFrac = 0.000 95%LCL = <0.001 95%UCL = 0.042

Bayesian Decision Charts:

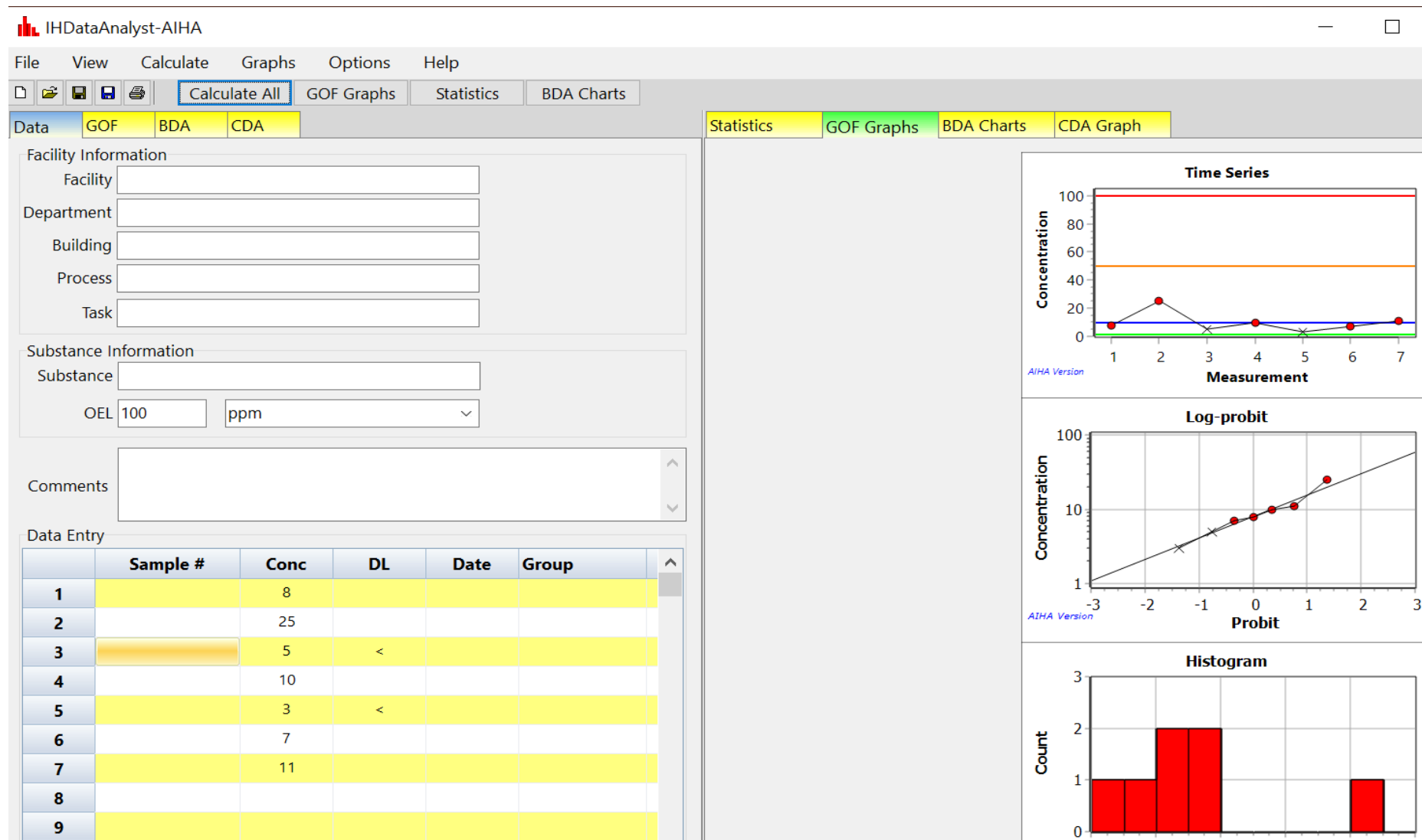
Decision Statistic: 95th Percentile
Type of Prior: Uniform prior

Rating: 0-T 1-HC 2-WC 3-C 4-PC
Cutoff (%OEL): 1.0 10.0 50.0 100.0 >100.0

Prior 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200
Likelihood 0.000 0.001 0.785 0.188 0.027
Posterior 0.000 0.001 0.785 0.188 0.027

Cum Likelihood 0.000 0.001 0.786 0.973 1.000
Cum Posterior 0.000 0.001 0.786 0.973 1.000

Parameter space: GMmin = 0.0204476 GMmax = 500



IHDataAnalyst-AIHA

Calculate All GOF Graphs Statistics BDA Charts

Data GOF BDA CDA

Facility Information

Facility

Department

Building

Process

Task

Substance Information

Substance

OEL

Comments

Data Entry

	Sample #	Conc	DL	Date	Group
1		8			
2		25			
3		5	<		
4		10			
5		3	<		
6		7			
7		11			
8					
9					

Statistics GOF Graphs BDA Charts CDA Graph

Bars and Labels

- ☐ Solid bars
- ☒ Solid bars with labels
- ☐ Colored bars

Select Final Rating and Certainty Level

Final Rating

- ☐ 0 - Trivial
- ☐ 1 - Highly-controlled
- ☐ 2 - Well-controlled
- ☐ 3 - Controlled
- ☐ 4 - Poorly-controlled

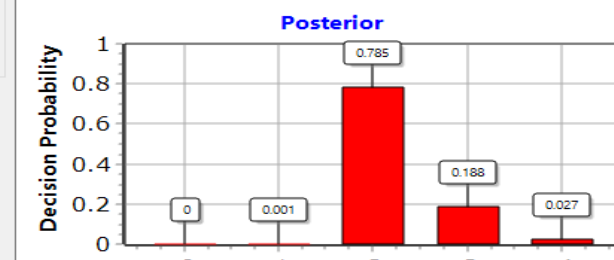
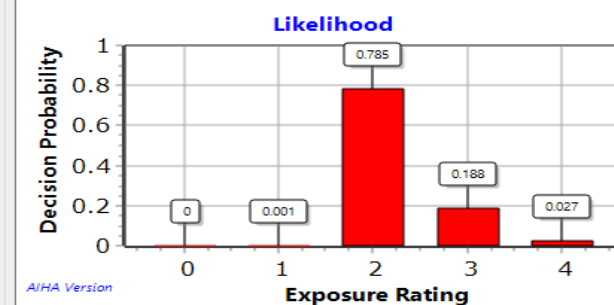
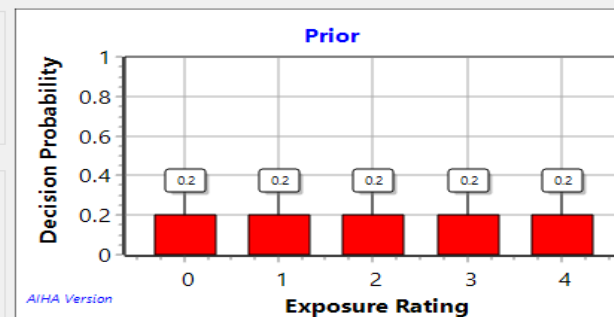
Certainty Level

- ☐ 1 - High (>0.75)
- ☐ 2 - Medium (0.5-0.75)
- ☐ 3 - Low (<0.5)

Basis

- ☒ Likelihood Decision Chart
- ☐ Posterior Decision Chart

Post



Inputs

Exposure limit

100

Data

8
25
<5
10
<3
7
11

Results

Descriptive statistics

Parameter estimates

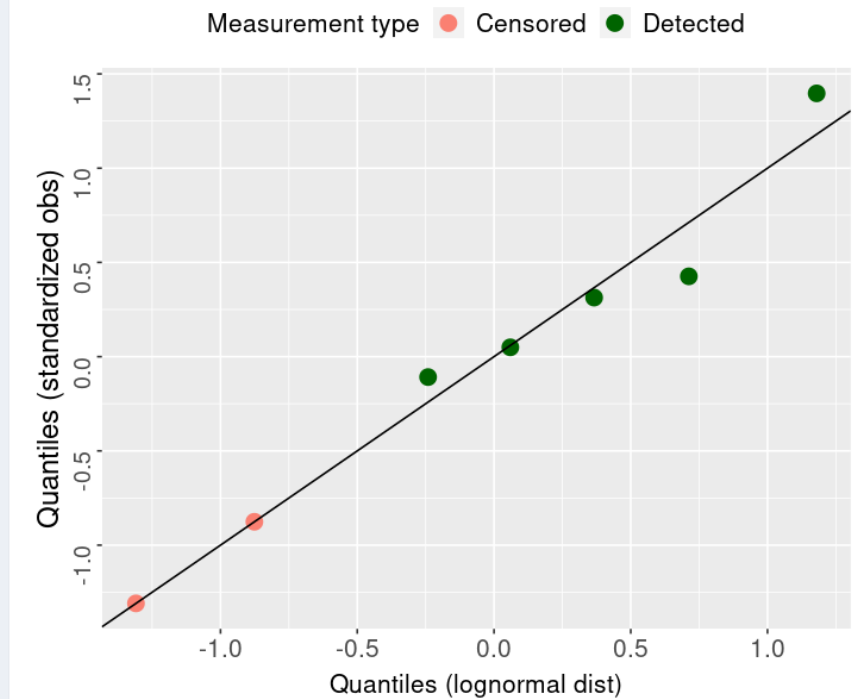
Risk assessment

Descriptive statistics

parameter	value
n	7
Proportion censored	29 %
Minimum	< 3
25th percentile	5.33
Median	8
75th percentile	10.5
Maximum	25
Proportion >OEL	0 %
Arithmetic mean	9.6
Arithmetic standard deviation	7.46
Coefficient of variation	77.7 %
Geometric mean	7.57
Geometric standard deviation	2.12

Note

Quantile-quantile plot



In the qqplot above, the points should approximately follow the estimated regression line. Random deviations from the line is to be expected. Any important deviation would suggest the data may have to be split into separate subsets, or some outliers should be investigated.

Exposure limit

100

Data

8
25
<5
10
<3
7
11

Results

Descriptive statistics

Parameter estimates

Risk assessment

AIHA risk bands

Parameter estimates - Distribution

The geometric mean point estimate and credible interval (90%) are: **6.9 [3.2 - 13]**

The geometric standard deviation point estimate and credible interval (90%) are: **2.6 [1.8 - 5.7]**

Parameter estimates - Exceedance fraction

The point estimate is: **0.227 %**

The credible interval is: [**0.000288 - 6.95**]

Parameter estimates - 95th percentile

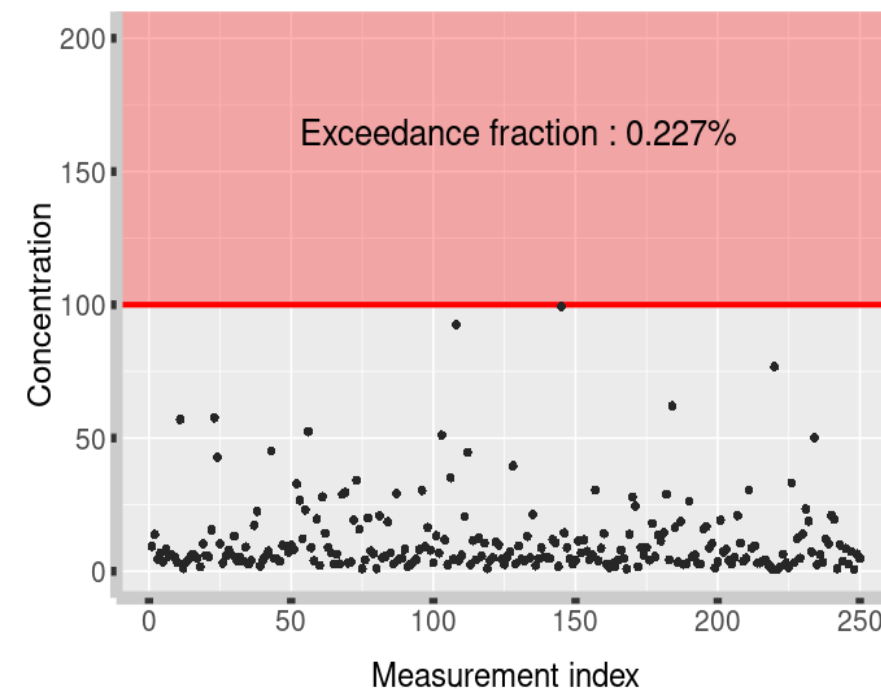
The point estimate is: **32.1**

The credible interval is: [**15.8 - 129**]

Parameter estimates - Arithmetic mean

The point estimate is: **10.9**

The credible interval is: [**6 - 35.3**]



The sequential plot presents the estimated exposure distribution assuming 250 exposure measurements have been collected. If the measurements represent 8h TWA values, this would represent approximately a full year of exposure. The OEL is shown as a red horizontal line.

Exposure limit

100

Data

8

25

<5

10

<3

7

11

Results

Descriptive statistics

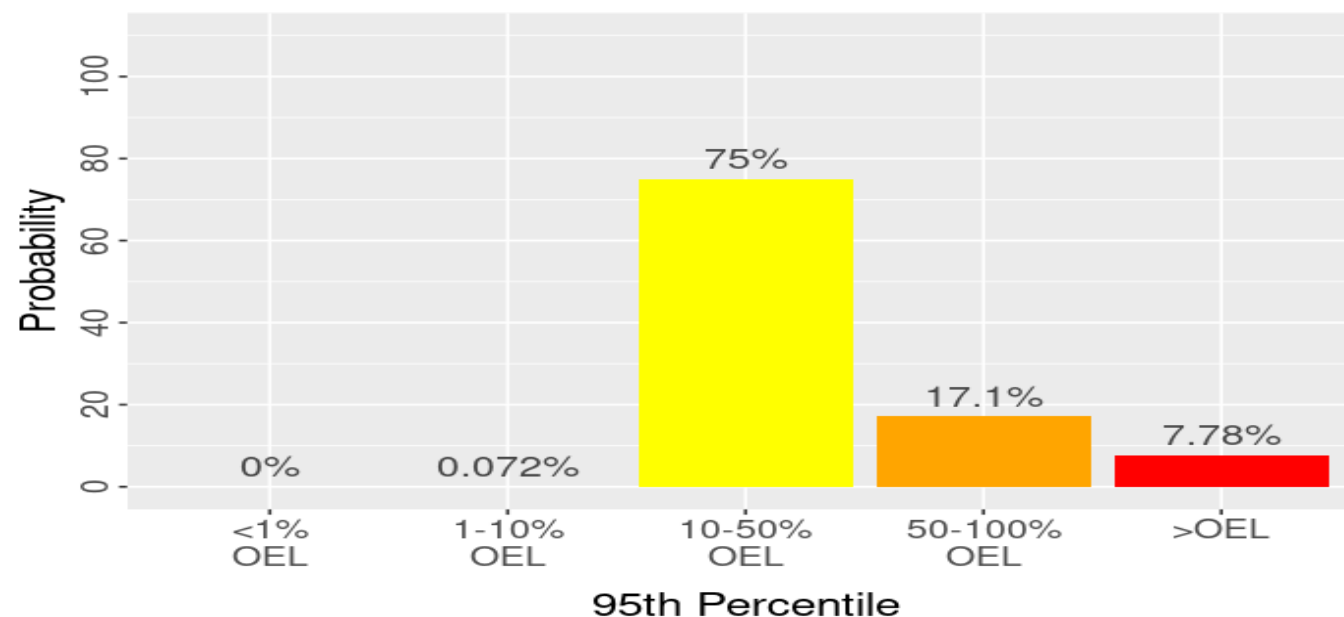
Parameter estimates

Risk assessment

AIHA risk bands

Risk band plot

The graph below provides the the probability distribution of the uncertainty around the 95th percentile across five categories : probability that true 95th percentile is below 1% of the OEL, between 1% and 10% of the OEL, between 10% and 50% of the OEL, between 50% and 100% of the OEL, and greater than the OEL. The scheme is based on the classification adopted by the [AIHA](#). The red column in the graph below represents the probability of an overexposure situation (overexposure risk).



Datos de IH para Practicar

Resultados de un muestreo				
OEL = 100 ppm	OEL = 100 ppm	OEL = 100 ppm	OEL = 100 ppm	OEL = 100 ppm
18	8	0.75	8	8
15	25	5	25	25
5	5	2	5	<5
8	10	1		10
12	3	3		<3
	7			7
	11			11

Datos de IH para Practicar

Resultados de un muestreo					
OEL = 100 ppm	OEL = 100 ppm	OEL = 100 ppm	OEL = 100 ppm	OEL = 100 ppm	OEL = 100 ppm
5	6	5	3	17	4
7		8	5	18	5
13		9	12	31	6
17		33	20	45	12
30		37			14
63		109			36

Desviación Estándar Geométrica	
Distribución Log-normal?	
Percentil 95	
Límite de Tolerancia Superior	
Índice de la exposición según AIHA (1-4)	
Exposición aceptable, inaceptable, incierta?	
¿Qué acciones adicionales tomaría?	



45° Congreso de Ergonomía, Higiene,
Medicina y Seguridad Ocupacional.

Hotel Intercontinental Medellín - Colombia
29, 30 y 31 de octubre de 2025



¡Muchas gracias!

Organiza:



www.corporacionsoa.co

