

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A MERCURIO Y PLOMO EN LOS PROCESOS DE RETORTEO Y FUNDICIÓN DE LOS OPERADORES DE REFINERÍA DE UNA MINA DE ORO”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

**ELABORADO POR:  
JOSÉ ANDERSON ILLATOPA CARDENAS**

**ASESOR:  
MSc. ROSA AMPARO BECERRA PAUCAR**

**LIMA, PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres, por su apoyo incondicional durante toda mi formación profesional y a mi esposa e hijos que brindaron su tiempo para poderme dedicar a este proyecto.

## INDICE

PROLOGO .....	1
1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES .....	2
1.1 INTRODUCCIÓN .....	2
1.2 ANTECEDENTES .....	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.4 OBJETIVOS .....	6
1.4.1 Objetivo general .....	6
1.4.2 Objetivo específicos.....	6
1.5 HIPOTESIS .....	6
1.6 VARIABLES .....	6
2. CAPÍTULO II: MARCO LEGAL .....	7
3. CAPÍTULO III:FUNDAMENTO TEORICO.....	9
3.1 CONCEPTOS GENERALES.....	9
3.2 METODOS PARA LA SELECCIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	18
3.2.1 Determinación del número de muestras.....	18
3.2.2 Análisis estadístico de los resultados para el grupo de exposición similar (GES).....	20
3.2.3 Análisis de resultados según requerimientos legales.....	20
4. CAPITULO IV: EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A MERCURIO Y PLOMO .....	21
4.1 Actividades preliminares .....	21
4.1.1 Etapa de reconocimiento .....	21
4.1.2 Descripción del grupo de exposición similar .....	25
4.1.3 Determinación del número de muestras.....	25
4.1.4 Equipamiento .....	26
4.1.5 Metodología de toma de muestra y análisis de resultados .....	28
4.1.5.1 Metodología de toma de muestras de vapor de mercurio .....	28
4.1.5.2 Metodología de toma de muestras de plomo.....	29

4.1.5.3	Metodología para el análisis de resultados.....	30
4.1.5.4	Toma de decisión en el análisis de resultados de higiene ocupacional .....	32
4.1.5.5	Categorización de los niveles de riesgo .....	33
5.	CAPITULO V: ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS MONITOREOS DE EXPOSICIÓN A MERCURIO Y PLOMO.....	34
5.1	Análisis de resultados de los monitoreos de exposición a mercurio.....	34
5.2	Análisis de resultados de los monitoreos de exposición al plomo .....	38
5.3	Análisis de resultados con controles implementados.....	39
5.3.1	Equipos de protección personal.....	39
6.	CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
6.1	Conclusiones.....	42
6.2	Recomendaciones .....	44
7.	BIBLIOGRAFIA.....	47
8.	ANEXOS.....	52
	ANEXO I: MATRIZ IPERC DEL PUESTO OPERADOR DE REFINERIA.....	53
	ANEXO II: CRONOGRAMA DE MONITOREOS DE EXPOSICIÓN A MERCURIO Y PLOMO DEL OPERADOR DE REFINERIA .....	71
	ANEXO III: EXPLICACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL METODO QUEBEC DEL IRSST-CANADA PARA DETERMINAR EL LIMITE MAXIMO PERMISIBLE AJUSTADO.....	72
	ANEXO IV: EXPLICACIÓN DE LA TOMA DE DECISIÓN Y UTILIZANDO LA PLANTILLA IHSTAT.-V235 DE LA AIHA. ....	74
	ANEXO V: UTILIZACIÓN DE LA TABLA IHSTAT.-V235 EN ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EXPOSICIÓN A MERCURIO Y PLOMO.....	76

## **LISTA DE TABLAS, CUADROS, FIGURAS Y GRAFICOS**

Tabla 01: Tamaño de muestra para el Top 10% con un 90% de confianza

Tabla 02 : Tamaño de muestra para el Top 10% con un 95% de confianza

Tabla 03: Tamaño de muestra para el Top 20% con un 90% de confianza

Tabla 04 : Tamaño de muestra para el Top 20% con un 95% de confianza

Tabla 05: Límite máximo permisible ajustado para exposición a Mercurio

Tabla 06: Límite máximo permisible ajustado para exposición a plomo

Cuadro 01: Determinación de actividades /tareas con exposición a vapores de mercurio y humos de fundición (plomo) del puesto de operador de refinería.

Cuadro 02: Determinación del número de trabajadores que serán evaluados por exposición a mercurio del GES de operador de refinería en el periodo 2015 al 2017 para el Top 20% con un 95% de nivel de confianza

Cuadro 03: Determinación del número de trabajadores que serán evaluados por exposición a plomo del GES de operador de refinería en el periodo 2015 al 2017 para el Top 20% con un 95% de nivel de confianza

Cuadro 04: Listado de equipos utilizados para los muestreos de exposición a mercurio y plomo

Cuadro 05: Categorización del riesgo de acuerdo al nivel de exposición y controles requeridos

Cuadro 06: Determinación del GES y Sub GES del operador de refinería y número de muestras evaluadas en el periodo del 2015 al 2017

Cuadro 07: Resultados de media aritmética y límite superior de confianza de los monitoreos de los sub GES del operador de refinería según actividad en el periodo del 2015 al 2017

Figura 01: Equipamiento para muestreo de plomo

Figura 02: Equipamiento para muestreo de mercurio

Figura 03: Plantilla IHSTAT-V235

Figura 04: Resultados de la toma de decisión de la plantilla IHSTAT.v235

Figura 05 : Lista de categorías de ajuste

Figura 06: Lineamiento de uso de la hoja IHSTAT. V235

Gráfico 01: Porcentaje de monitoreos de exposición a mercurio respecto del nivel de riesgo de los resultados del 2015 al 2017

Gráfico 02: Comparativo de los resultados de las evaluaciones de exposición a mercurio, según actividad, de los resultados consolidados desde el 2015 al 2017 del GES operador de refinería

Gráfico 03: Comparativo de las medias aritméticas (MA) y límite superior de confianza (LCS) Según actividades del GES operador de refinería de los resultados consolidados del 2015 al 2017

Gráfico 04: Porcentaje de monitoreos de exposición al plomo respecto del nivel de riesgo de los resultados del 2015 al 2017

## PROLOGO

La presente tesis contempla la evaluación de los niveles de exposiciones a mercurio durante los procesos de retorteo y fundición como de los niveles de exposición al plomo durante el proceso de fundición, tomando como base las etapas de la higiene ocupacional como es la **identificación** (Se elaboró la matriz de identificación de peligros, evaluación de riesgos y controles- IPERC del puesto de operador de refinería). **evaluación** (Contemplando el uso de grupos de exposición similar –GES, el establecimiento del número de muestras y uso de metodologías de muestreo de acuerdo a la NIOSH, análisis estadístico y toma de decisión utilizando el software IHSTAT V235 de la AIHA). **prevención y control** (Establecimiento de controles jerárquicos que permitirán evitar posibles enfermedades ocupacionales de los operadores de refinería).

# **EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A MERCURIO Y PLOMO EN LOS PROCESOS DE RETORTEO Y FUNDICION DE LOS OPERADORES DE REFINERIA DE UNA MINA DE ORO**

## **1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

La presente tesis nace como iniciativa para conocer las actividades por las cuales los trabajadores de una refinería de producción de oro están expuestos a mercurio y plomo, evaluando los niveles de exposición durante las actividades de los operadores de refinería en el periodo del 2015 al 2017, además de establecer controles adecuados para mejoras de las condiciones operativas de los trabajadores.

Para ello, se utilizara los procesos que la higiene ocupacional contempla como la anticipación, identificación y evaluación para establecer si un puesto de trabajo presenta riesgo higiénico.

Por lo que se realizó la identificación de peligros y evaluación de riesgos para el puesto de operador de refinería donde se detalla las actividades/tareas donde el trabajador está expuesto a vapores o humos de mercurio y humos de plomo.

Realizado el proceso de identificación de riesgos de exposición a agentes químicos (mercurio y plomo), se procedió a realizar la evaluación de los niveles de exposición durante las actividades de retorteo y fundición utilizando los procedimientos establecidos por la National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) publicó en 1977 el “Manual de Estrategia de Muestreo de Exposición Ocupacional” NIOSH 77-173 para establecer el número de muestras adecuado para determinar estadísticamente si nuestro resultado es representativo. También las metodologías para análisis y muestreo NIOSH 6009 para mercurio orgánico y NIOSH 7300 para plomo.

## **1.2 ANTECEDENTES**

La presente tesis nace como iniciativa para conocer los factores por los cuales los trabajadores de refinería están expuestos a mercurio y plomo durante las actividades de refinería, además de establecer controles adecuados para mejorar las condiciones operativas de los trabajadores.

### **MEJORA DE LOS INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSICIÓN AL MERCURIO EN TRABAJADORES DE UNA REFINERÍA DE ORO**

El estudio fue realizado con personal de refinería de extracción de oro de una empresa minera en el periodo del 2003 al 2007, el objetivo principal fue determinar la reducción de indicadores biológicos del mercurio al implementarse controles de ingeniería, Como parte del estudio se realizó monitoreos ambientales personales ,tomándose 84 muestras en un periodo de 5 años, obteniendo los siguientes resultados promedios : De 6.3 mg/m<sup>3</sup> (2003), 1.6 mg/m<sup>3</sup> (2004), 0.9 mg/m<sup>3</sup> (2005), 0.002 mg/m<sup>3</sup> (2006), 0.003 mg/m<sup>3</sup> (2007) , Se determino que, los controles de ingeniería y administrativos implementados han sido eficientes, ya que redujo los niveles de exposición (El límite máximo permisible (LMP) para Mercurio ambiental utilizado durante el estudio fue de 0.025 mg/m<sup>3</sup> para el periodo 2003 y 0.003 para el periodo 2007).

(Ramirez, 2011)

### **DISEÑO DE UN PROGRAMA ANUAL DE HIGIENE OCUPACIONAL APLICANDO LA METODOLOGÍA DE ESTRATEGIA DE MUESTREO NIOSH 77-173 PARA LOS AGENTES DE RUIDO Y MATERIAL PARTICULADO EN UNA EMPRESA MINERA”**

El informe plantea la metodología de estrategias de muestreo NIOSH 77-173 para ruido y material particulado, tomando en cuenta la determinación de grupos de exposición similar (GES) para un programa de anual de higiene ocupacional, establece los criterios para la toma de decisión utilizando las hojas de cálculo IHSTAT de la AIHA.

(Poma Beltran, 2014)

## **EVALUACION DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A POLVOS Y HUMOS METALICOS EN UNA PLANTA DE AFINO Y MOLDEO DE UNA INDUSTRIA METALURGICA –UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

La tesis estudia la exposición a polvos y humos metálicos (As, Pb, Cd) en una industria metalúrgica, en una planta de afino y moldeo, se considero la utilización de filtros de membranas de éster celulosa con tamaño de poro de 0.8 um para coleccionar 21 muestras de las cuales fueron analizadas por el método NIOSH 7301, cuya analítica corresponde a la absorción atómica. También se realizó el análisis estadístico por sección y puesto de trabajo, así como en general para la planta. De las 21 muestras analizadas, 4 de ellas presentan concentraciones superiores al límite máximo permisible para el agente químico arsénico, los agentes químicos plomo y cadmio presentaron niveles de concentración menores a los límites máximos permisibles en todas las muestras.

Los resultados indicaron que polvos y humos de arsénico están presentes en el ambiente de la planta de afino y moldeo.

(Bravo Andía, 2015)

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la mayoría de las mineras de producción de oro, se realiza la recuperación de minerales mediante los procesos de cianuración mediante pilas de lixiviación (En nuestro caso recuperación de oro), en estos procesos se utiliza el nitrato de plomo que es un catalizador que mejora la velocidad de lixiviación del oro y la cantidad recuperada, en particular en el procesamiento de minerales, oxidados parcialmente; la utilización de este compuesto se manifiesta ocupacionalmente durante la fundición, donde se generan humos metálicos ( Entre ellos el plomo metálico).

Se tiene dos procesos de recuperación del oro, plata metálica y mercurio (compuestos que se presentan en amalgamas en la naturaleza), durante el proceso llamado retorteo se recupera aproximadamente el 99% del mercurio (Estas retortas durante su recuperación pueden perder eficiencia en la recuperación y puede generar exposiciones ocupacionales considerables en los operadores de las refinерías), el mercurio no recuperado pasa a recuperación junto con el oro y la plata mediante el proceso de fundición donde se generan mercurio y humos metálicos.

Como vemos los procesos no son 100% controlados, por lo que en estas etapas se pueden generar exposiciones a niveles altos a mercurio (durante las actividades de retorteo, trasvase de mercurio y fundición) y plomo en la actividad de fundición.

Este estudio nos permitirá determinar los niveles de exposición a mercurio y plomo durante los procesos retorteo y fundición, principalmente para establecer controles oportunos para evitar las exposiciones altas en estos puestos de trabajo.

De lo anterior se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los niveles de exposición ocupacional a mercurio y plomo de los operadores de refinерía de oro, durante las actividades de retorteo y fundición?

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo general

- Evaluar los niveles de exposición ocupacional a mercurio y plomo en los operadores de refinería durante los años 2015 al 2017.

### 1.4.2 Objetivo específicos.

- Evaluar la exposición a mercurio del puesto de operador de refinería.
- Evaluar la exposición a mercurio durante las actividades de retorteo y fundición en refinería.
- Evaluar la exposición a plomo durante la actividad de fundición en refinería.
- Identificar las medidas de control necesarias para reducir los niveles de exposición a mercurio y plomo en el puesto de operador de refinería.

## 1.5 HIPOTESIS

Los niveles de exposición ocupacional a mercurio y plomo dependerán de las actividades de retorteo y fundición que realice el operador de refinería.

## 1.6 VARIABLES

**Variable dependiente:** Nivel de exposición ocupacional a mercurio y plomo.

**Variable Independiente:** Tipo de actividad a realizar: retorteo y/o fundición.

## 2. CAPÍTULO II: MARCO LEGAL

Según la normativa legal aplicable en nuestro país, las empresas para desarrollar sus actividades económicas tienen que cumplir ciertos requisitos mínimos en materia de seguridad y salud en el trabajo, con el fin de desarrollarlas de forma segura, sin dañar la integridad de los trabajadores.

Por lo que se establece el cumplimiento en todos los sectores económicos de las siguientes normas legales:

- Constitución Política del Estado, 1993, Perú, Artículo 22.
- Ley N° 26842- Ley General de Salud, Capítulo VII: De la Higiene y seguridad en los ambientes de trabajo. Artículo 100.
- Ley N° 29783-Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo , .Articulos 18°, 49°,56°.
- Decreto Supremo N°005-2012-TR -Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. Artículo 77°.
- Decreto Supremo N° 015-2005-SA-Reglamento de Valores Límites Permisibles para agentes químicos en ambientes de trabajo.
- Norma Técnica de Salud N° 068-MINSA/DGSP-V1 (Norma técnica de salud que establece el listado de enfermedades profesionales).

El desarrollo de esta tesis se enmarca en el cumplimiento normativo sectorial Decreto Supremo N°024-2016- EM (Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería) que dentro de uno de sus objetivos principales es prevenir la ocurrencia de enfermedades ocupacionales en la actividad minera.

Esta normativa desde el Artículo. 100 al 116 establece los lineamientos básicos para la gestión en higiene ocupacional durante la identificación, evaluación y control de los agentes ambientales.

Específicamente en el Artículo 110 se señala el uso del anexo 15 de ese reglamento, donde figuran los límites de exposición ocupacional para agentes químicos, esto nos permitirá valorar si los resultados obtenidos de

las mediciones periódicas se encuentren por encima o debajo de estos límites.

Además, en el Artículo. 334, se indican los controles mínimos que deben tener las operaciones mineras para manejar las sustancias peligrosas, en nuestro caso se menciona al mercurio.

Nos indica que se debe contar con ambientes con una ventilación adecuada, con el fin de mantener los niveles de mercurio por debajo del límite máximo permisible, además de realizar la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos al mercurio.

### 3. CAPÍTULO III:FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 3.1 CONCEPTOS GENERALES

**Higiene ocupacional** : La ciencia de la anticipación, reconocimiento y evaluación de riesgos y condiciones perjudiciales en el ambiente laboral, así como del desarrollo de estrategias de prevención y control, salvaguardando también la comunidad y el medio ambiente en general (ILO, 1998)

##### **Etapas de la Higiene Ocupacional**

**Anticipación:** El proceso de valorar los riesgos identificados y llegar a conclusiones sobre el nivel de los mismos. En general, están basados en la comparación de los resultados de medición con los valores límites de exposición recomendados y legales. En caso de que no existan dichos valores, el higienista ocupacional debe tener la capacidad de establecer sus propios criterios de evaluación.

**Reconocimiento:** La identificación de agentes y factores peligrosos, reales o potenciales, en los locales de trabajo así como los posibles efectos adversos que pueden causar en la población trabajadora expuesta. Por tal motivo, es necesario realizar visitas a las empresas, estudios sobre los procesos industriales y las materias primas que se usan, así como obtener información por parte de los trabajadores y gerentes sobre los posibles riesgos existentes, entre otros.

**Evaluación:** El proceso de valorar los riesgos identificados y llegar a conclusiones sobre el nivel de los mismos. En general, están basados en la comparación de los resultados de mediciones con los valores límites de exposición recomendados y/o legales. En caso de que no existan dichos valores, el higienista ocupacional debe tener la capacidad de establecer sus propios criterios de evaluación.

**Prevención y control:** El diseño y la implantación de medidas de prevención y de control para los riesgos que, según su valoración, requieren ser eliminados o minimizados. Estas medidas pueden ser de ingeniería (p. ej. Sistemas de

ventilación) o administrativas (p. ej. Organización del trabajo), o bien mejoras de las prácticas laborales o uso de equipos de protección personal. Las medidas de control establecidas deben ser supervisadas y su eficiencia periódicamente evaluada. (van der Haar & Goelzer, 2001)

### **TLV( Threshold Limit Value /Valores límite umbral)**

Establecen una concentración límite por debajo de la cual, según se cree, prácticamente todos los trabajadores pueden sufrir una exposición repetida día tras día y, sin embargo, no causarles efectos adversos. Los TLV están sometidos a una revisión/corrección periódica, según van apareciendo nuevos datos. En nuestra normativa nacional se utiliza el término equivalente como límite máximo permisible (LMP).

### **TLV-TWA (Time-weighted average / Media ponderada en el tiempo)**

Media ponderada temporal, durante una jornada laboral de ocho horas (40 horas a la semana) a la cual pueden estar expuestos de manera repetida los trabajadores sin sufrir efectos adversos.

### **TLV-STEL (Short-term exposure limit / Limite de exposición a corto plazo)**

Es la concentración a la cual pueden estar expuestos durante un periodo breve (normalmente, 15 minutos) los trabajadores sin sufrir irritación, daños hísticos crónicos o irreversibles o un deterioro susceptible de aumentar daños por accidente, perjudicar la capacidad de autoprotección o reducir el rendimiento en el trabajo.

### **TLV –C ( Limit Ceiling / Limite superior)**

Es la concentración que jamás debe superarse durante la exposición ocupacional.

### **BEI ( Biological Exposure Índices / Índice biológico de exposición)**

Es la concentración de una sustancia en el organismo debajo de la cual es probable que ningún trabajador experimente efectos adversos para su salud cuando se exponga a ella.

Los BEIs representan los niveles biológicos que en el lugar de trabajo son más probables de observar en muestras biológicas de trabajadores expuestos a productos químicos tóxicos.

Los BEIs no han sido creados pensando en su uso como medida de los efectos nocivos o para el diagnóstico de la enfermedad ocupacional, pues hacerlo significaría usar al trabajador como conejillo de indias. Nos sirven sí para realizar la supervisión biológica indirecta pues refleja la dosis de un producto químico de interés aportada a un trabajador expuesto y sirve también como complemento para la valoración ambiental indirecta del aire laboral en exposición a tóxicos industriales. Su uso requiere de la experiencia de un profesional en medicina del trabajo quien a su vez debe basarse y referirse a una edición actual del documento.

Además los BEIs de la ACGIH nos sirven para guiar, diseñar e interpretar protocolos de supervisión biológica específica.

(ACGIH, 2017)

### **Exposición Ocupacional**

Se define como la presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración del trabajador. Cuando este término se emplea sin calificativos hace siempre referencia a la vía respiratoria, es decir, a la exposición por inhalación. Se cuantifican en términos de la concentración del agente obtenido de las mediciones de exposición, referida al mismo período de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable. En consecuencia, puede definirse dos tipos de exposición: Media ponderada en el tiempo (TWA) y exposición de corta duración: (STEL). (MINSAs, 2005)

### **Proceso:**

Es un conjunto de actividades que están interrelacionadas y que pueden interactuar entre sí. Estas actividades transforman los elementos de entrada en resultados, para ello es esencial la asignación de recursos.

Los procesos constan de:

Elementos de entrada y salida, los cuales pueden ser tangibles o intangibles. Los resultados pueden ser también no intencionados como por ejemplo: la contaminación ambiental.

Clientes y partes interesadas que tengan necesidades y expectativas en los procesos, ellos son los que definirán los resultados que requiere un determinado proceso.

Sistemas de medición para proporcionar información sobre el desempeño del proceso. Cualquier resultado debería ser analizado para poder determinar si existe necesidad de aplicar algún tipo de acción correctiva o de mejora.

(ISO, 2005)

### **ETAPAS DEL PROCESO DE MERRILL CROWE EN MINERIA DEL ORO.**

Es un proceso a través del cual se recupera oro de la solución rica en forma de precipitado, mediante la adición de polvo de zinc. Este proceso se usa comúnmente cuando un cuerpo mineral tiene un alto contenido de plata, además de oro. La solución rica antes del proceso de precipitaciones clarificada por medio de filtros clarificadores para reducir el contenido de los sólidos en suspensión y minimizada de oxígeno en la torre de desaireación mediante bombas de vacío.

El proceso de Merrill Crowe está dividido en tres etapas

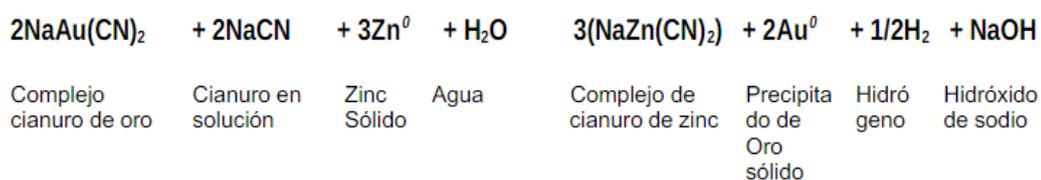
- Clarificación de solución.
- Desaireación.
- Precipitación con polvo de zinc.

#### **Precipitación con polvo de zinc**

A la solución sin oxígeno que sale de la torre de desaireación se le agrega polvo de zinc y nitrato de plomo para precipitar (para separar de la solución) el oro. Esta es una reacción electroquímica en donde el oro, el cual está en solución como un complejo de cianuro de oro es desplazado por el zinc aprovechando la

diferencia de potenciales de reducción que existe entre las especies oxidadas del oro y el zinc. El oro es precipitado casi inmediatamente como oro sólido y el zinc forma un complejo con el cianuro. El nitrato de plomo  $Pb(NO_3)_2$  tiene la finalidad de optimizar el proceso de precipitación del oro y la plata con polvo de zinc al formar un par galvánico Zn-Pb que tiene mayor actividad que el zinc solo.

La siguiente es la reacción química para precipitar el oro con polvo de zinc:



La etapa de precipitación con polvo de zinc está compuesta de 3 fases de operación las cuales son descritas a continuación.

#### **Preparación de polvo de zinc**

Se agrega manualmente polvo de zinc a la tolva sobre el alimentador de zinc de tipo tornillo sin fin de 18 kW de potencia (los alimentadores son dos). La velocidad variable de cada alimentador se ajusta para alimentar polvo de zinc seco al tanque de cono emulsificador de zinc de 1,0 m  $\phi$  x 1,20 m long y 1,5 m<sup>3</sup> de capacidad donde se mezcla por agitación con agua.

#### **Preparación de nitrato de plomo**

Sacos de 25 kg. de nitrato de plomo se agregan por una tolva de descarga al tanque de mezcla de nitrato de plomo de 1,20 m  $\phi$  x 1,20 m long y 1,0 m<sup>3</sup> de capacidad. Tiene instalado una bomba dosificadora de 0,37 kW. que se encargan de agregar el nitrato de plomo al tanque emulsionante de zinc. La adición de nitrato de plomo se realizará posiblemente según sea necesario en la planta.

##### **5.2.1.1 Precipitación**

A la solución que sale de la torre de desaireación se le inyecta pulpa de polvo de zinc preparada en el cono emulsificador de zinc, esta solución es bombeada promedio de las bombas verticales de alimentación hacia los filtros prensa de 14" x 14" y 300 kW de potencia, las cuales están sumergidas en un tanque de

solución barren para evitar la posibilidad de que se filtre (aire ella solución). La precipitación de oro y plata, junto con el mercurio, es casi instantánea y la bomba cumple también la función de mezcladora para mejorar el proceso. La cantidad de polvo zinc adicionado es 250 gr/min. La dosificación de nitrato de plomo es 0,2 Kg/Kg de zinc

(MBM, 2005)

## **PROCESO DE RETORTEO EN MINERÍA DEL ORO**

La etapa de retorteo y recuperación del mercurio está compuesta de 3 fases de operación, las cuales son descritas a continuación.

### **Acarreo del precipitado**

El precipitado es llevado en bandejas hacia la zona de retortas (3 hornos de retorta) por un montacargas de 2 toneladas de capacidad.

#### **5.1.1.1 Destilación del mercurio en hornos de retorta**

La destilación del mercurio se produce en los hornos de retorta que tienen una capacidad de 1 m<sup>3</sup> y 220 kW de potencia. En el horno de retorta el precipitado es secado y el mercurio que se encuentra en él es recuperado en vapor, para ello se eleva la temperatura en rampas hasta alcanzar un máximo de 550 °C.

El mercurio puro ebulle normalmente a 356°C. Sin embargo, el mercurio presente en el precipitado se incrementa a 480°C como resultado de una baja concentración de mercurio; el punto de ebullición del mercurio puede ser reducido bajando la presión por medio de una bomba de vacío la cual reduce la presión en la retorta por debajo de la presión atmosférica. Esta bomba está diseñada para dar a 700°C una baja presión menor 20 a 28 KPa y volatilizar virtualmente todo el mercurio presente en el precipitado.

La retorta utiliza condensadores enfriados por agua para la condensación del mercurio. Estos son tubos de condensación que tienen 100 mm de diámetro. El mercurio condensado es almacenado temporalmente en un tanque colector. En la succión de la bomba de vacío se localizan columnas de carbón activado que tienen la función de retener y coleccionar el mercurio residual del vapor. El

precipitado seco que sale de la retorta y que tiene un contenido de oro y plata de 50%, es enfriado y dispuesto en recipientes para su preparación con fundentes antes de entrar a los hornos de inducción

#### **5.1.1.2 Almacenamiento del mercurio**

Una vez que el ciclo de la retorta haya culminado, el mercurio recuperado es drenado de los tanques colectores hacia botellas de acero (contenedores) que son fabricados con planchas de acero grueso de 3/8". De los contenedores el mercurio es envasado en frascos (conocidos como flasks, en inglés) reciclables y reusables. Los procedimientos y materiales utilizados para su fabricación cumplen las normas americanas (EPA) y de las Naciones Unidas (UN).

(MBM, 2005)

### **PROCESO DE FUNDICIÓN EN MINERÍA DEL ORO**

Mediante la fundición del precipitado de oro y plata se obtiene un metal doré en presencia de escorias y a temperaturas que exceden el punto de fusión de toda la carga (1100 a 1300°C, aproximadamente). El tiempo para fundir completamente la carga depende de la calidad de la escoria que se forma, así como de la composición química de la aleación Au-Ag. La etapa de fundición está compuesta de 3 fases de operación las cuales son descritas a continuación.

#### **Preparación de carga**

La adición de fundentes se efectúa principalmente por las siguientes razones:

- Reducción de pérdidas por volatilización
- Protección del baño
- Recolección de impurezas

Los fundentes más empleados, se describen brevemente a continuación:

- **Bórax:** El Borato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ), es un excelente solvente de metales básicos.
- **Sílice:** El Dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) es añadido a la carga para balancear el contenido básico.

- **Nitrato de Sodio:** El nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) es añadido para oxidar los metales básicos en la carga.
- **Carbonato de Sodio:** El Carbonato de Sodio ( $\text{NaCO}_3$ ), provee a la escoria transparencia y fluidez.

Los sacos de fundentes son adicionados y mezclados con el precipitado seco en forma automatizada, con lo cual se obtiene una buena mezcla que permite la rápida fusión de la carga. La adición de fundentes se efectúa por medio de un sistema consistente de: 4 tolvas de 1 tonelada de capacidad con fondo cónico de  $60^\circ$ . Cada tolva está compuesta de celdas de carga, vibradores de presión de 1,1 kW, compuertas de válvulas operadas por aire y válvulas manuales de descarga. El fundente desde las tolvas cae en un transportador de tornillo sin fin que alimenta los fundentes a razón de 7,5Kg/min hacia el mezclador horizontal. En el mezclador horizontal por otro lado es añadido el precipitado de los hornos de retorta. La adición es de la siguiente manera: las bandejas de retorta que contiene el precipitado son llevadas por un elevador de horquillas hacia una tolva de carga con fondo de  $45^\circ$  y dispuesta con un vibrador de 1,1 kW. La tolva posee una compuerta de cuchilla que descarga la carga hacia un transportador de pared flexible el que alimenta el mezclador horizontal a razón de 43kg/min. El transportador de pared flexible es de 4,0 kW de potencia. El mezclador horizontal tiene una compuerta de cuchilla que descarga la carga en un transportador de pared flexible de 4,0 Kw el cual mediante un conducto de descarga y una conexión de manguera flexible añade el precipitado mezclado con el fundente en el horno de inducción a razón de 50,5.

### **Fusión**

La fusión se realiza en los hornos de Inducción. Los hornos de inducción disponen de crisoles de carburo de silicio, en los cuales la carga requiere cerca de 2 horas para fundirse completamente y llegar a una temperatura de  $1200^\circ\text{C}$  (aprox.), esta temperatura es necesaria a fin de realizar las escorificaciones y la colada final para obtener las barras Doré (aleación de oro y plata). El punto de fusión del Doré depende de la composición química de la aleación. El Doré se recibe en lingoteras sobre una estructura tipo cascada para la formación de las barras.

### **Formación de escoria**

El proceso de fundición de precipitados de oro y plata produce un producto secundario denominado “escorias”. Este producto contiene mínimas cantidades de valores metálicos de oro y plata. Estas escorias son recogidas en conos y almacenadas para su posterior tratamiento. Durante la fundición, la escoria forma una fase que se separa del doré, debido a su inmiscibilidad y menor densidad se ubica sobre éste, lográndose así la separación de ambas fases. Para la formación de escorias es necesario emplear diversos reactivos fundentes (conocido en inglés como flux).

Las escorias producidas deben cumplir con las siguientes características generales:

- Bajo punto de fusión.
- Baja viscosidad.
- Baja densidad.
- Alta fluidez.
- Alta solubilidad de los óxidos de los metales básicos.
- No solubilidad del oro y la plata.
- No alterar el estado metálico del oro y la plata.
- Buena separación del metal Doré.
- Bajo desgaste refractario (por corrosión y/o abrasión).
- Fácil de romper para volver a ser tratado.

(MBM, 2005)

### **3.2 METODOS PARA LA SELECCIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

En esta tesis se utilizaron las estrategias de muestreo y métodos estadísticos aplicables para determinar exposiciones ocupacionales a agentes químicos (En nuestro caso para vapores y humos de mercurio y plomo respectivamente), de acuerdo a lo indicado en el “Manual de Estrategia de Muestreo de Exposición Ocupacional” –**NIOSH 77-173 desarrollado y publicado por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).**

#### **3.2.1 Determinación del número de muestras**

En nuestro estudio, se requiere determinar los niveles de exposición, a vapores de mercurio y humos de plomo, de los operadores de refinería; la ejecución de los procesos de retorteo y fundición son realizados por distintos trabajadores, de formas distintas, experiencia y entrenamiento variable, entre otros. Por tal motivo, puede presentarse variabilidad en los resultados de exposición dentro del grupo de exposición similar (GES), en tal sentido se requiere establecer un número de muestras mínimo, tal que una de las muestras evaluadas al azar presente algún resultado con alta exposición.

En el “Manual de Estrategia de Muestreo de Exposición Ocupacional” – de la National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) se presentan las alternativas para poder elegir un número de muestras representativas tomando en cuenta la población del grupo de exposición similar (GES) a ser evaluado y nivel de confianza requerido:

**Tabla 01: Tamaño de muestra para el Top 10% con un 90% de confianza**

Tamaño de grupo (N)	8	9	10	11-12	13-14	15-17	18-20	21-24	25-29	30-37	38-49	50	∞
Número requerido de trabajadores evaluados (n)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	22

Para  $n = N$  si  $N \leq 7$

**Tabla 02 : Tamaño de muestra para el Top 10% con un 95% de confianza**

Tamaño de grupo (N)	12	13-14	15-16	17-18	19-21	22-24	25-27	28-31	32-35	36-41	42-50	∞
Número requerido de trabajadores evaluados (n)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	29

Para  $n = N$  si  $N \leq 11$

**Tabla 03: Tamaño de muestra para el Top 20% con un 90% de confianza**

Tamaño de grupo (N)	6	7-9	10-14	15-26	27-50	∞51 a mas
Número requerido de trabajadores evaluados (n)	5	6	7	8	9	11

Para  $n = N$  si  $N \leq 5$

**Tabla 04 : Tamaño de muestra para el Top 20% con un 95% de confianza**

Tamaño de grupo (N)	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50	51-∞
Número requerido de trabajadores evaluados (n)	6	7	8	9	10	11	12	14

Para  $n = N$  si  $N \leq 6$

En estas tablas se indica el número necesario de trabajadores evaluados para que dentro de la muestra esté contenido al menos un trabajador del 10% o 20% de trabajadores dentro del grupo con las exposiciones más altas (Top 10% o Top 20%), con un nivel de confianza de 90% o 95% de que esto ocurra.

### 3.2.2 Análisis estadístico de los resultados para el grupo de exposición similar (GES)

Con el fin de realizar un buen análisis de los resultados y obtener una muestra estadísticamente confiable para determinar exposiciones ocupacionales y establecer controles adecuados en higiene ocupacional se utiliza el límite superior de confianza al 95% (LCS 95%), este valor es el mayor valor promedio alrededor de la media que permite asegurar con un 95% de confianza que el resultado promedio es el requerido para nuestro análisis.

### 3.2.3 Análisis de resultados según requerimientos legales

En paralelo al análisis estadístico se debe analizar cada evaluación independientemente con el fin de comparar con los límites de exposición ocupacional, establecido en el anexo 15 del Decreto Supremo 024-2016-EM- "Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, con el fin de determinar algún incumplimiento.

#### **4. CAPITULO IV: EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A MERCURIO Y PLOMO**

##### **4.1 Actividades preliminares**

###### **4.1.1 Etapa de reconocimiento**

Si se quiere identificar los procesos, tareas o actividades que presentan riesgos de exposición a vapores de mercurio y humos de fundición (plomo), se debe elaborar la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos del puesto de operador de refinería.

Para ello, se utilizó la matriz IPERC por actividades y tareas del operador de refinería .Ver Anexo I.

De esta IPERC, se pudo determinar cuáles eran las actividades y/o tareas donde el operador de refinería se exponía a vapores de mercurio y humos de fundición (plomo) según el siguiente Cuadro 01.

**Cuadro 01: Determinación de actividades /tareas con exposición a vapores de mercurio y humos de fundición (plomo) del puesto de operador de refinería.**

Actividad	Tareas	Desencadenantes /Agente	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo
Cosecha de filtros prensa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secado de filtros (ruido) inyección de aire a presión.</li> <li>• Retirar precipitado a bandejas de Liner.</li> <li>• Lavar telas.</li> <li>• Reparación de fugas.</li> </ul>	Vapor de mercurio y mercurio líquido	Probable	Insignificante	Bajo
Carguío de bandejas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llenado de bandejas metálicas con lampa.</li> </ul>		Probable	Insignificante	Bajo
Carguío de Retortas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carguío de retortas (montacargas)</li> <li>• Operación de retorta (gata hidráulica manual)</li> <li>• Cerrado de puertas de retorta.</li> <li>• Encendido de retortas</li> </ul>		Poco Probable	Significante	Alto

Actividad	Tareas	Desencadenantes /Agente	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo
Descarga de retortas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir retortas</li> <li>• Retiro de bandejas (montacargas)</li> </ul>	Vapor de mercurio y mercurio líquido	Poco Probable	Significante	Alto
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezcla con fundentes (bórax, carbonato de Na y nitrato de Na todos en polvo)</li> <li>• Volteo y limpieza de bandejas</li> </ul>		Poco Probable	Moderado	Medio
Fundición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carguío de hornos (hasta 1000 grados)</li> <li>• Inspección de hornos (no polvo)</li> </ul>	Vapor de mercurio y mercurio líquido	Probable	Significante	Alto
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación del coche de colada preparación de 13 - 16 peldaño cada uno con un peso de 4-5 kg.</li> <li>• Colada.</li> </ul>	Humos de fundición (Arsénico, plomo, mercurio, cadmio, etc.)	Probable	Significante	Alto

Actividad	Tareas	Desencadenantes /Agente	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo
Pre inspección de equipos o trabajos secundarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión o cambio de resistencias, drenaje de condensadores, limpieza y drenaje de colectores de retortas, revisión y/o cambio de sellos y limpieza de filtros de agua, canaletas.</li> <li>• Drenaje de colector de mercurio.</li> </ul>	Vapor de mercurio y mercurio líquido	Poco probable	Mayor	Alto
Trasvase de mercurio	•Realizar trasvase de mercurio de botellas de 5 litros a botellas de 20 s litros		Improbable	Significante	Medio
Limpieza de filtros de colector de polvos	Realizar la limpieza de los filtros del colector de polvo del sistema de extracción del horno de inducción.	Polvo de sílice cristalina- Total y/o respirable , metales particulados formando compuestos	Poco probable	Moderado	Medio

Del IPERC elaborado se obtiene que las actividades con mayor riesgo de exposición a vapores de mercurio son : carguío y descarga de retortas, fundición y pre inspección de equipos o trabajos secundarios.

Y mayor riesgo de exposición a humos de fundición (plomo): fundición.

Recordar que para la elaboración del IPERC, los niveles de exposición se han considerado de forma cualitativa, teniendo que ser evaluados con el fin de obtener resultados cuantitativos confiables de monitoreos de campo.

#### **4.1.2 Descripción del grupo de exposición similar (GES)**

Nombre del GES: Operador de refinería.

Código de GES: MBM- REF-01

El GES operador de refinería, está conformado por personal del puesto de trabajo operador multifuncional (OMF) destacado a refinería, que desempeña una jornada laboral de 7am – 7pm, con régimen 8x6 (8 días de trabajo por 6 días descanso), Por requerimientos internos de seguridad, siempre habrá dos operadores a la vez realizando actividades en refinería.

#### **4.1.3 Determinación del número de muestras**

Para determinar el número de muestras que se requiere para el análisis estadístico de los resultados se necesita como dato el número de trabajadores que componen el GES de operador de refinería del año 2015 al 2017.

Además de utilizar el cuadro para el top 20% con un 95% de nivel de confianza de la NIOSH y así determinar el número de muestras necesarios que serán evaluados en cada año. Ver cuadros 02 y 03.

En los años 2016 y 2017 se realizó un mayor número de evaluaciones debido a necesidades del área y seguimiento de las desviaciones (incumplimiento del límite máximo permisible).

En el Anexo II , se detalla el cronograma de monitoreos de exposición a mercurio y humos de fundición del GES operador de refinería con el fin de contar con muestras aleatorias de distintos periodos y estaciones.

**Cuadro 02: Determinación del número de trabajadores que serán evaluados por exposición a mercurio del GES de operador de refinería en el periodo 2015 al 2017 para el Top 20% con un 95% de nivel de confianza**

Año	2015	2016	2017
Población (N)	6		
Muestra (n)	6		
Evaluaciones realizadas	6	12	13

**Cuadro 03: Determinación del número de trabajadores que serán evaluados por exposición a plomo del GES de operador de refinería en el periodo 2015 al 2017 para el Top 20% con un 95% de nivel de confianza**

Año	2015	2016	2017
Población (N)	6		
Muestra (n)	6		
Evaluaciones realizadas	1	5	3

#### 4.1.4 Equipamiento

##### **Tren de muestreo para dosimetría de exposición a mercurio y humos de fundición**

Para la realización del muestreo de exposición a mercurio y plomo se utilizó un sistema de muestreo dinámico o tren de muestreo dinámico; compuesto por una bomba de succión, mangueras y un sistema de colección, los cuales se detallan en el cuadro 04.

**Cuadro 04: Listado de equipos utilizados para los muestreos de exposición a mercurio y plomo**

Equipo	Marca	Modelo	N° de Serie
Bomba de succión	SKC	AIRCHECK 5000	45059
			59817
			76368
			67657
			120183
Bomba de succión de bajo flujo	SKC	POCKET PUMP 210-1002	25609
			35559
Calibrador de flujos	BIOS	DEFENDER 520	122375
			119947

Además se utilizaron otros accesorios como mangueras de 1.5 m , holders de plástico y porta tubos.

**Figura 01: Equipamiento para muestreo de plomo**



**Figura 02: Equipamiento para muestreo de mercurio**

#### 4.1.5 Metodología de toma de muestra y análisis de resultados

##### 4.1.5.1 Metodología de toma de muestras de vapor de mercurio

Para la toma de muestras de exposición a mercurio, se utilizó la metodología NIOSH 6009 que establece los criterios para muestrear exposición a vapores de mercurio, además del uso de sistemas de muestreo dinámico con flujo constante, previamente calibrados, el cual incluye:

- Bomba de succión de flujo constante, entre 0.1 a 0.25 L/min.
- Porta tubos de 6x 7mm.
- Muestrador de Carbón activado carulite (HYDRAR)

Las muestras son enviadas a un laboratorio certificado por AIHA (Asociación Americana de Higienistas Ocupacionales) el cual realiza el análisis de laboratorio siguiendo la técnica de espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CV AAS) para proporcionarnos el peso de mercurio en la muestra.

Para obtener el volumen recolectado, se multiplica el flujo constante por el tiempo de evaluación.

Una vez obtenidos estos dos resultados, se procede a calcular la concentración de mercurio en la muestra.

Estos resultados serán comparados con el Límite máximo permisible ajustado según el modelo QUEBEC del IRSST (Ver Anexo III) tomando como referencia lo establecido en nuestra normativa sectorial ( D.S 024-2016-EM “ Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería”). Ver tabla 05.

**Tabla 05: Límite máximo permisible ajustado para exposición a Mercurio**

Agente Químico	Referencia D.S 024-2016-EM		Ajuste según modelo QUEBEC del IRSST (*)	
	Límite máximo permisible (TWA) en mg/m <sup>3</sup>	Nivel de acción en mg/m <sup>3</sup>	Límite máximo permisible (TWA) en mg/m <sup>3</sup>	Nivel de acción en mg/m <sup>3</sup>
Mercurio	0.025	0.013	0.0168	0.0084

(\*) El modelo QUEBEC fue desarrollado por la universidad de Montreal y del Instituto de investigación de salud y seguridad en el trabajo (IRSST) quienes elaboraron un método para ajustar los límites máximos permisibles para actividades con jornadas atípicas además de tomar en cuenta los efectos a la salud que los agentes químicos pueden generar en humanos.

#### 4.1.5.2 Metodología de toma de muestras de plomo

Para la toma de muestras de plomo, se utilizó la metodología NIOSH 7300 que establece los criterios para muestrear exposición a plomo, además del uso de sistemas de muestreo dinámico con flujo constante, previamente calibrados, el cual incluye:

- Bomba gravimétrica de flujo constante de 2 L/min
- Holders de plástico
- Cassette de 25mm y filtro de PVC de .5.0 um

Las muestras son enviadas a un laboratorio certificado por AIHA (Asociación Americana de Higienistas Ocupacionales) el cual realiza el análisis de laboratorio

siguiendo la técnica de espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado por inducción (ICP-AES) para proporcionar el peso de plomo en la muestra.

Para obtener el volumen recolectado se multiplica el flujo constante por el tiempo de evaluación.

Una vez obtenidos estos dos resultados se procede a calcular la concentración de plomo en la muestra.

Estos resultados serán comparados con el límite máximo permisible ajustado según el modelo QUEBEC del IRSST (Ver Anexo III) tomando como referencia lo establecido en nuestra normativa sectorial ( D.S 024-2016-EM “ Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería”).

**Tabla 06: Límite máximo permisible ajustado para exposición a plomo**

Agente Químico	Referencia D.S 024-2016-EM		Ajuste según modelo QUEBEC del IRSST (*)	
	Límite máximo permisible (TWA) en mg/m <sup>3</sup>	Nivel de acción en mg/m <sup>3</sup>	Límite máximo permisible (TWA) en mg/m <sup>3</sup>	Nivel de acción en mg/m <sup>3</sup>
Plomo	0.05	0.025	0.042	0.021

(\*) El modelo QUEBEC fue desarrollado por la universidad de Montreal y del Instituto de investigación de salud y seguridad en el trabajo (IRSST) quienes elaboraron un método para ajustar los límites máximos permisibles para actividades con jornadas atípicas además de tomar en cuenta los efectos a la salud que los agentes químicos pueden generar en humanos.

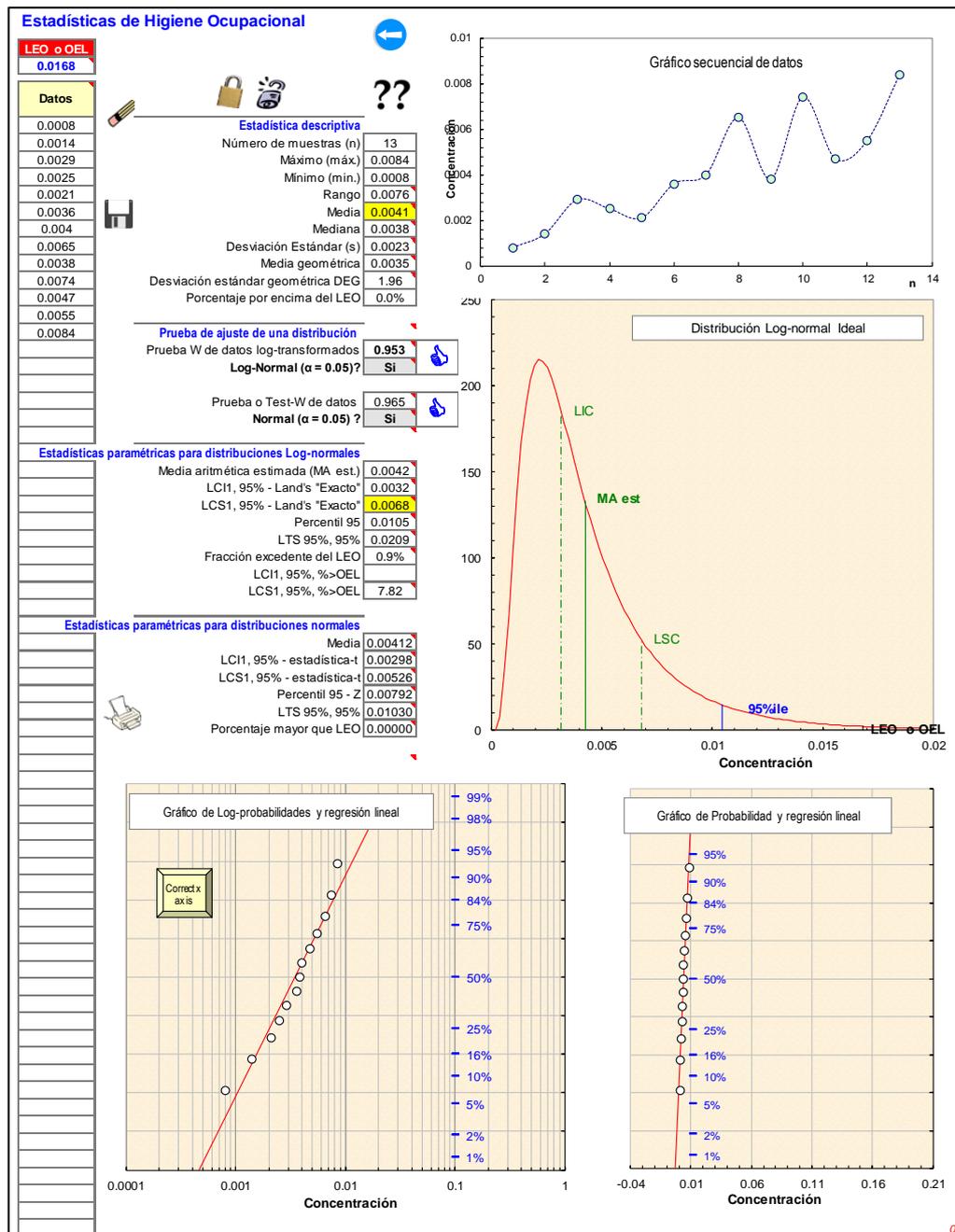
#### 4.1.5.3 Metodología para el análisis de resultados

Para nuestro análisis de resultados, se requiere diferenciar las actividades realizadas el día de la evaluación con el fin separar los resultados por Sub GES del operador de refinería, luego se utiliza las hojas de cálculo estadístico de la AIHA (Tabla IHSTAT- v235). Ver Figura 03.

La utilización de estas tablas estadísticas nos permitirá determinar el límite de superior de confianza como el mejor promedio, ya que nos permite establecer

con un 95% de confianza que es el resultado más adecuado para ser comparado con los límites máximos permisibles adoptado y así poder tomar mejores decisiones al momento de implementar controles de mayor jerarquía.

Figura 03: Plantilla IHSTAT-V235



#### 4.1.5.4 Toma de decisión en el análisis de resultados de higiene ocupacional

En nuestro estudio requerimos de herramientas estadísticas para la toma de decisiones con el fin de establecer resultados confiables, por ello se utilizó la Tabla IHSTAT.v235 de la Asociación Americana de Higienistas Ocupacional (AIHA), esta hoja de cálculo nos permite calcular la media aritmética (MA) y el límite superior de confianza (LCS) requeridos para nuestro estudio, teniéndose en cuenta que se requiere un mínimo de 6 muestras aleatorias para su correcto análisis.

Esta hoja de cálculo realiza el test de Shapiro y Wilk (W-Test) para comprobar el ajuste o no de la data ingresada a una distribución normal o Log-normal ( En este último caso empleando datos lognormal transformados). Ver Anexo IV.

En higiene ocupacional la utilización del limite superior de confianza como la media más adecuada nos permite establecer con un 95% de confianza que los resultados obtenidos son los más adecuados para representar la exposición del GES.

**Figura 04: Resultados de la toma de decisión de la plantilla IHSTAT.v235**

<b>Prueba de ajuste de una distribución</b>		
Prueba W de datos log-transformados	<b>0.971</b>	
<b>Log-Normal (<math>\alpha = 0.05</math>)?</b>	<b>Si</b>	
Prueba o Test-W de datos	<b>0.705</b>	
<b>Normal (<math>\alpha = 0.05</math>) ?</b>	<b>No</b>	

Durante los monitoreos pueden haber resultados individuales que excedan el LMP, por lo cual dichas desviaciones deben ser analizadas independientemente con el fin de establecer controles de mitigación para dichas actividades del operador de refinería.

#### 4.1.5.5 Categorización de los niveles de riesgo

Para la categorización del riesgo se ha utilizado cinco niveles de riesgo para la severidad, por lo cual se establece la criticidad, nivel de exposición y controles tomando en cuenta las categorías establecidas por la AIHA y considerando nuestra normativa nacional referente a minería del D.S 024-2016-EM “Reglamento de seguridad y salud en minería”. Ver Cuadro 05.

**Cuadro 05: Categorización del riesgo de acuerdo al nivel de exposición y controles requeridos**

Criticidad		Nivel de Exposición	Controles
1	Insignificante	Exposición menor al 10% del LMP.	No requiere acciones.
2	Menor	Exposición entre el 10% y 50% del LMP.	Monitoreos y seguimiento periódico.
3	Moderado	Exposición mayor o igual al nivel de acción (50% del LMP) y menor.	Monitoreo Biológico Monitoreo continuo. Plantear controles de ingeniería Uso de equipo de protección personal.
4	Mayor	Exposición mayor al LMP y menor al 1000% del LMP.	Uso de equipo de protección personal obligatorio. Realización de pruebas de ajuste de respiradores. Implementar controles de ingeniería.
5	Significante	Exposiciones mayores al 1000% del LMP.	Requiere controles de mayor jerarquía inmediatamente (Ingeniería, sustitución o eliminación).

En esta categorización del riesgo se toma como referencia el 1000% del LMP debido a que el FPA del respirador de media cara es de 10 veces el LMP. (OSHA's Respiratory Protection Standard, 29 CFR 1910.134).

## 5. CAPITULO V: ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS MONITOREOS DE EXPOSICIÓN A MERCURIO Y PLOMO

### 5.1 Análisis de resultados de los monitoreos de exposición a mercurio

Se realizó el monitoreo a 31 trabajadores que presentaron exposición a mercurio durante los años 2015 al 2017, de los cuales el 19% (6 evaluaciones) sobrepasan el límite máximo permisible, 23% (7 evaluaciones) se encuentran por debajo del LMP y encima del nivel de acción, el 58% se encuentra por debajo del nivel de acción. Ver gráfico 01.

**Gráfico 01: Porcentaje de monitoreos de exposición a mercurio respecto del nivel de riesgo de los resultados del 2015 al 2017**

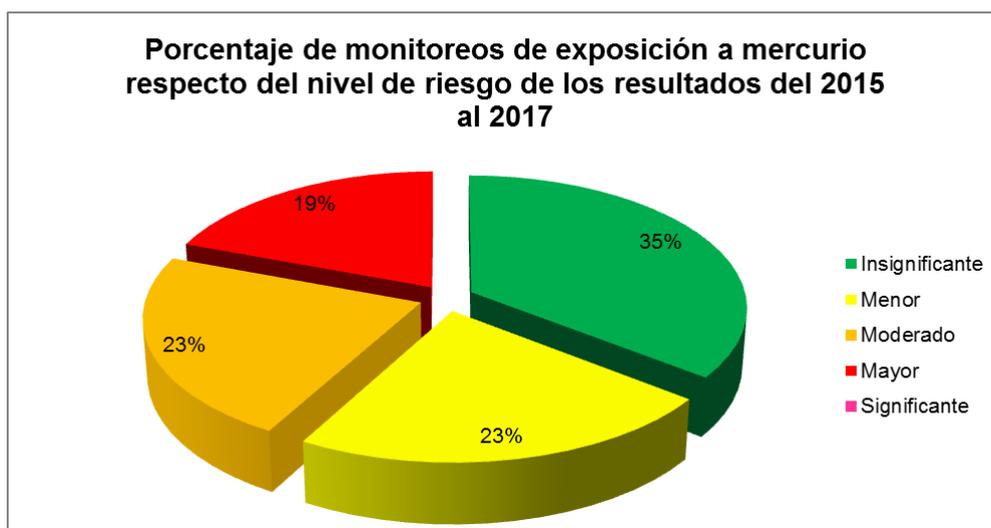


Gráfico considera la clasificación del nivel de riesgo considerado según el Cuadro N° 05: Categorización del riesgo de acuerdo al nivel de exposición y controles requeridos

Analizando estadísticamente esta información y considerando los monitoreos desde el 2015 al 2017, se han obtenido los siguientes resultados para la exposición del operador de refinería, donde la media aritmética (MA) es de 0.0098 mg/m<sup>3</sup> y el límite superior de confianza (LCS) es de 0.0175 mg/m<sup>3</sup>. Ver anexo V.

También se estableció el análisis de la exposición a mercurio, considerando la actividad que realizaron el día de cada evaluación para los resultados de los

monitoreos del periodo del 2015 al 2017, determinándose las siguientes actividades principales y cantidad de muestras evaluadas. Ver Cuadro 06.

Debido a ello, en el puesto de trabajo del operador de refinería, se tuvo que reorganizar el GES operador de refinería (MBM- REF-01), considerando 4 sub GES del operador de refinería. Ver Cuadro 06.

**Cuadro 06: Determinación del GES y Sub GES del operador de refinería y número de muestras evaluadas en el periodo del 2015 al 2017**

<b>Nombre GES</b>	Operador de refinería			
<b>Código GES</b>	MBM- REF-01			
<b>n<sup>(*)</sup></b>	31			
<b>Nombre Sub-GES</b>	Operador de refinería-cosecha	Operador de refinería-retorteo	Operador de refinería-fundición	Operador de refinería-limpieza
<b>Código Sub- GES</b>	MBM- REF-01-01	MBM- REF-01-02	MBM- REF-01-03	MBM- REF-01-04
<b>Actividad</b>	Cosecha de filtros prensa	Carguío y descarga de retortas	Fundición	Limpieza de filtros de colector de polvo
<b>n<sup>(*)</sup></b>	3	13	12	3

n<sup>(\*)</sup>: Numero de muestras evaluadas según actividad.

GES: Grupo de exposición Similar.

Los resultados de todos los monitoreos realizados desde el 2015 al 2017, de acuerdo a cada Sub GES, se detallan en el Grafico 02.

En estas evaluaciones se observa que, los resultados muestran tendencias de valores con niveles por debajo del LMP para los sub –GES- operador de refinería- cosecha (MBM- REF-01-01) y operador de refinería- retorteo (MBM- REF-01-02), en cambio para los sub- GES operador de refinería- fundición (MBM- REF-01-03) y operador de refinería- limpieza (MBM- REF-01-04), en este último GES se presenta dispersión en los resultados ya que se ha obtenido valores por debajo y encima del LMP. Ver anexo V.

**Gráfico 02: Comparativo de los resultados de las evaluaciones de exposición a mercurio, según actividad, de los resultados consolidados desde el 2015 al 2017 del GES operador de refinería**



Estadísticamente se han evaluado los resultados de los monitoreos por actividad, obteniéndose los valores de media aritmética (MA) y límite superior de confianza (LCS) Ver cuadro 07.

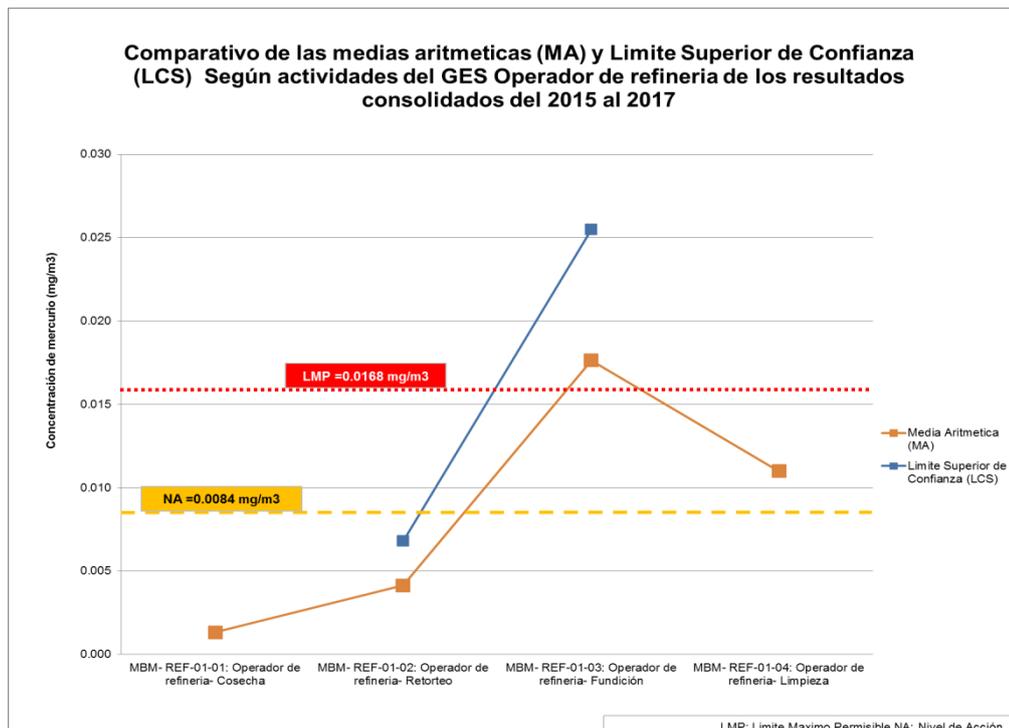
Los sub GES operador de refinería- cosecha (MBM- REF-01-01) ,operador de refinería- retorteo (MBM- REF-01-02) y operador de refinería- limpieza (MBM- REF-01-04) muestran resultados estadísticamente ACEPTABLES (Los resultados de exposición a mercurio se encuentran por debajo del LMP). En cambio para el sub- GES operador de refinería- fundición (MBM- REF-01-03) muestra resultados estadísticamente INACEPTABLE (Los resultados de exposición a mercurio se encuentran por encima del LMP). Ver gráfico 03.

**Cuadro 07: Resultados de media aritmética y límite superior de confianza de los monitoreos de los sub GES del operador de refinería según actividad en el periodo del 2015 al 2017**

Nombre Sub-GES	Operador de refinería-cosecha	Operador de refinería-retorteo	Operador de refinería-fundición	Operador de refinería-limpieza
Código Sub-GES	MBM- REF-01-01	MBM- REF-01-02	MBM- REF-01-03	MBM- REF-01-04
Actividad	Cosecha de filtros prensa	Carguío y descarga de retortas	Fundición	Limpieza de filtros de colector de polvo
n <sup>(*)</sup>	3	13	12	3
MA	0.0013 mg/m <sup>3</sup>	0.0041 mg/m <sup>3</sup>	0.0176 mg/m <sup>3</sup>	0.0110 mg/m <sup>3</sup>
LCS	(1)	0.0068 mg/m <sup>3</sup>	0.0255 mg/m <sup>3</sup>	(1)
s	0.0007	0.0023	0.0096	0.0058
DEG	2.04	1.96	1.73	1.67

n(\*) : Numero de muestras evaluadas según actividad. ; (1) Estos resultados no son estadísticamente confiables debido a que no cuenta con la suficiente cantidad de muestras. GES: Grupo de exposición Similar. MA: Media Aritmética; LCS: Limite Superior de Confianza; S: Desviación estándar; DEG: Desviación Estándar Geométrica.

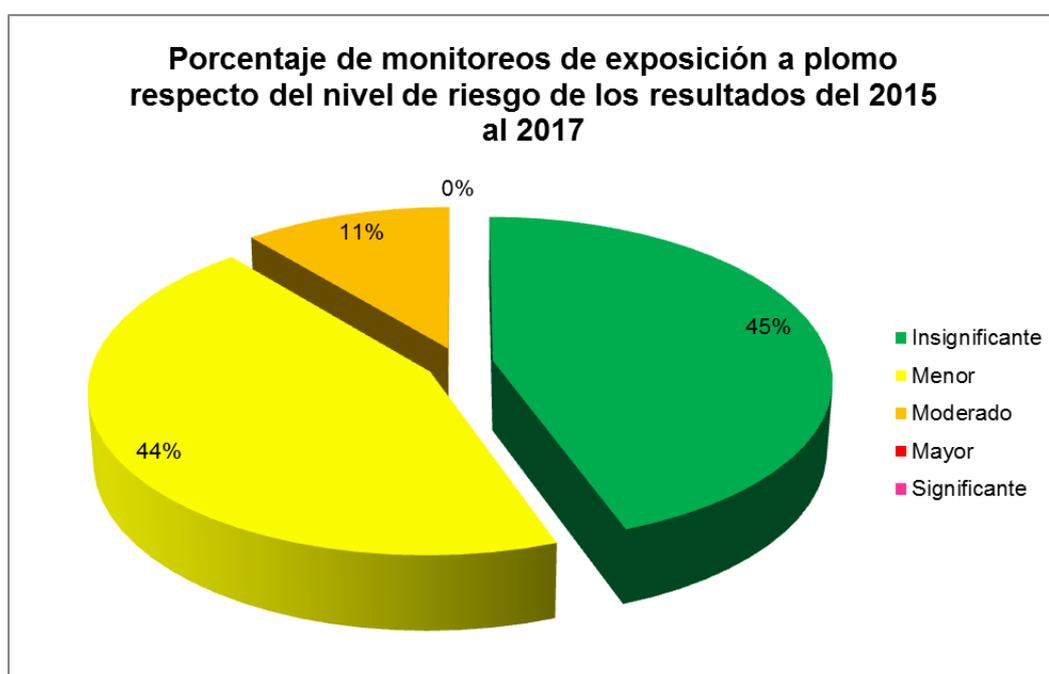
**Gráfico 03: Comparativo de las medias aritméticas (MA) y límite superior de confianza (LCS) Según actividades del GES operador de refinería de los resultados consolidados del 2015 al 2017**



## 5.2 Análisis de resultados de los monitoreos de exposición al plomo

Se realizó el monitoreo a 9 trabajadores que presentaron exposición a plomo durante los años 2015 al 2017, de los cuales el 11% (Una evaluación) se encuentra por debajo del LMP y encima del nivel de acción, el 89% de las resultados se encuentra por debajo del nivel de acción. Ver gráfico 04.

**Gráfico 04: Porcentaje de monitoreos de exposición al plomo respecto del nivel de riesgo de los resultados del 2015 al 2017**



Analizando estadísticamente esta información y considerando los monitoreos desde el 2015 al 2017, se han obtenido los siguientes resultados para la exposición del operador de refinería, donde la media aritmética (MA) es de  $0.0095 \text{ mg/m}^3$  y el límite superior de confianza (LCS) es de  $0.0286 \text{ mg/m}^3$ .

En este puesto solo se consideró la evaluación de las actividades de fundición debido a que en este proceso se generan los humos y polvos metálicos.

El GES operador de refinería - fundición (MBM- REF-01-03) muestra resultados de exposición al plomo estadísticamente ACEPTABLES (Se encuentran por debajo del LMP).

### 5.3 Análisis de resultados con controles implementados

#### 5.3.1 Equipos de protección personal

En nuestra normativa sectorial, D.S 024-2016 EM, en el artículo 86 se indica que todo lugar donde exista la posibilidad de emanaciones de gases, humos, vapores o polvos, deberá contarse con respiradores de tipo conveniente para cada caso particular; es por tal motivo que la empresa provee de equipos de protección personal a los trabajadores con el fin de mitigar los riesgos a los cuales están expuestos, definiéndose la entrega de respiradores de media cara con cartuchos para mercurio y filtros P100 para Humos metálicos., siguiendo los lineamientos indicados en la normativa OSHA 29 CFR 1910.134 (d)(3)(i)(A) Tabla 1, donde nos proporciona el factor de protección Asignado (FPA) que en el caso de un respirador de media cara es de 10 y en el respirador de cara completa es de 50. Por ello se realizaron los cálculos necesarios para dar cumplimiento a este requerimiento.

#### **Protección respiratoria para exposición a mercurio:**

En el sub-capítulo 5.1, Análisis de resultados de los monitoreos de exposición a mercurio, se ha calculado la concentración de exposición a mercurio del operador de refinería, obteniéndose:

$$\text{Concentración de mercurio (GES: MBM – REF – 01)} = 0.0175 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{Límite máximo permisible del mercurio (adaptado)} = 0.0168 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{Nivel de protección respiratoria requerido (NPRR)} = \frac{\text{Concentración de mercurio}}{\text{Límite Máximo Permisible del Mercurio}}$$

$$\text{Nivel de protección respiratoria requerido (NPRR)} = 1.04$$

Como el nivel de protección requerida es de 1.04, al trabajador se le debe proporcionar protección respiratoria de media cara con cartuchos para mercurio.

Considerando la clasificación de 4 Sub GES:

**Cuadro 08: Calculo del nivel de Protección Requerido para los sub GES del operador de refinería**

Nombre Sub-GES	Operador de refinería-cosecha	Operador de refinería-retorteo	Operador de refinería-fundición	Operador de refinería-limpieza
Código Sub-GES	MBM- REF-01-01	MBM- REF-01-02	MBM- REF-01-03	MBM- REF-01-04
Actividad	Cosecha de filtros Prensa	Carguío y descarga de retortas	Fundición	Limpieza de filtros de colector de polvo
MA	0.0013 mg/m <sup>3</sup>	0.0068 mg/m <sup>3</sup>	0.0255 mg/m <sup>3</sup>	0.0110 mg/m <sup>3</sup>
NPRR (*)	0.08	0.4	1.52	0.65
Condición	No requiere protección respiratoria		Requiere protección respiratoria de media cara.	

(\*) Nivel de Protección Respiratorio requerido (NPRR)

Del cuadro 08, se infiere que se requiere protección respiratoria de media cara en las actividades de Fundición y Limpieza de filtros del colector de polvo.

A pesar que, cuantitativamente se ha calculado que en las actividades de cosecha de filtros prensa y carguío/descarga de retortas no se requieren protección respiratoria, se ha implementado de forma preventiva el uso de respirador de media cara con cartuchos para Mercurio en el ingreso a la refinería.

#### **Protección respiratoria para exposición a Plomo:**

En el sub-capítulo 5.2, Analisis de resultados de los monitoreos de exposición a plomo, se ha calculado la concentración de exposición a plomo del operador de refinería, obteniéndose:

$$\text{Concentración de plomo (GES: MBM - REF - 01 - 03)} = 0.0286 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{Limite maximo permisible del plomo (adaptado)} = 0.042 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{Nivel de protección respiratoria requerido (NPRR)} = \frac{\text{Concentración de Plomo}}{\text{Limite Maximo Permisible del Plomo}}$$

Nivel de protección respiratorio requerido (NPRR) = 0.68

Como el nivel de protección requerida es de 0.68, al trabajador se le proporciona protección respiratorio de media cara con filtros para humos metálicos (Esto se debe que según recomendaciones de NIOSH y OSHA se debe proporcionar protección respiratoria de forma preventiva cuando la concentración se encuentre entre el limite maximo permisible y el nivel de acción).

Teniendo en cuenta la necesidad de proporcionar protección respiratoria al puesto de operador de refinería, todos los trabajadores tenían que pasar la prueba de ajuste de respiradores (Fit Testing), donde se realiza la prueba cualitativa de ajuste de respiradores (QNFT, Siglas en ingles de Quantitative Fit Test), utilizando un contador de partículas de la marca TSI, modelo PORTCOUNT PRO 8020 y siguiendo el protocolo establecido en el Appendix A (C) (6) de la OSHA 29 CFR 1910.134 (El cual indica los lineamientos para la realización de dicha prueba).

**Fotografía 01: Prueba de cuantitativa de ajustes de respiradores (QNFT) realizada a un operador de refinería.**



## 6. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- Se han evaluado a 31 trabajadores que presentan exposición a mercurio en el GES operador de refinería (MBM- REF-01), de los cuales el 19% (6 evaluaciones) sobrepasan el límite máximo permisible, 23% (7 evaluaciones) se encuentran por debajo del LMP y encima del nivel de acción, el 58% (18 evaluaciones) se encuentra por debajo del nivel de acción.
- Analizando estadísticamente podemos concluir con un 95% de confianza que, la exposición a mercurio del GES operador de refinería (MBM- REF-01) se encuentra por encima del límite máximo permisible.
- Para el GES operador de refinería (MBM- REF-01) que presentan exposición a mercurio, se realizó la redistribución en 4 sub GES, donde se consideró como criterio la actividad que se realizó el día de la evaluación.  
Considerando esta redistribución del GES- MBM- REF-01, se determinó que existen exposiciones por encima del límite máximo permisible durante la fundición y niveles por debajo del límite máximo permisible en las actividades de cosecha de filtro prensa, retorteo y limpieza de filtros del colector de polvo (Este último es una actividad no rutinaria que forma parte del mantenimiento preventivo del colector de polvo del horno de inducción).
- Analizando estadísticamente podemos concluir con un 95% de confianza que, la exposición a plomo del GES Operador de refinería (MBM- REF-01-03) se encuentra por debajo del Límite Máximo Permisible.
- Se han evaluado a 9 trabajadores que presentan exposición al plomo (MBM- REF-01), de los cuales el 11% (1 evaluación) se encuentra por debajo del LMP y encima del nivel de acción, el 79% (11 evaluaciones) se encuentra por debajo del nivel de acción.
- En las evaluaciones de exposición al plomo se determinó que la única actividad que presenta exposición a dicho agente químico es la fundición (Identificado en el IPERC del puesto de trabajo durante la etapa de reconocimiento).

- La hipótesis planteada se cumple ya que los niveles de exposición a mercurio dependen de las actividades de retorteo y fundición que realice el operador de refinería.
- La hipótesis planteada se cumple debido a que el nivel de exposición al plomo solo depende de la actividad de fundición que realiza el operador de refinería (Identificado en el IPERC del puesto de trabajo).

## 6.2 Recomendaciones

- Para futuras evaluaciones de los trabajadores que presentan exposición a mercurio, se debe redistribuir el GES operador de refinería (MBM- REF-01) en 4 sub GES, donde el criterio para la reclasificación es la actividad que se realiza el día de la evaluación, por lo que se determina la siguiente redistribución:

- .1 Operador de refinería- cosecha (MBM- REF-01-01)
- .2 Operador de refinería- retorteo (MBM- REF-01-02)
- .3 Operador de refinería- fundición (MBM- REF-01-03)
- .4 Operador de refinería- limpieza (MBM- REF-01-04)

- Continuar con los monitoreos de mercurio en la zona de retortas y horno de inducción, con el fin de cuantificar si existe en el ambiente niveles por encima del límite máximo permisible.

En la refinería se tiene establecido realizar monitoreos puntuales de mercurio de forma diaria y al inicio de guardia, considerando puntos preestablecidos los cuales son graficados en un plano del área y de este modo poder identificar fuentes de generación de vapores de mercurio (Se hace uso de medidor de vapores de mercurio de la marca JEROME modelo 431X).

También se cuenta con monitores de mercurio puntuales ubicados en la parte posterior de las retortas , los cuales se encuentran conectados en línea con la sala de control de la refinería el cual va monitoreando posibles fugas de vapores de mercurio de la retorta, además se cuenta con pantallas en la zona de ingreso de a las retortas y la salida de las retortas que informa en tiempo real las concentraciones de mercurio.

- Incluir en los formatos de evaluación de dosimetría de mercurio los resultados de las evaluaciones de eficiencia de retortas con el fin de informar a las áreas respectivas sobre las posibles desviaciones en los resultados ocurridos por la posible falla de alguna de las retortas (El análisis de la eficiencia de retortas lo realiza el área laboratorio metalúrgico quienes obtienen muestras de mineral al inicio y final del retorteo para determinar las

cantidades de mercurio, plomo, oro, cobre y plata presentes en el mineral) y así puedan programar el mantenimiento preventivo y correctivo de las conexiones/tuberías, sistema de enfriamiento, compuerta de la retorta entre otros.

- Continuar la limpieza de las canaletas y sumideros en la zona de retortas de forma diaria, así se reduce la presencia de residuos con contenido de mercurio. También se debe evaluar la tercerización de esta actividad para dar cumplimiento a lo establecido en los procedimientos operativos.
- Evaluar la eficiencia del sistema de extracción del horno de inducción con el fin de establecer estrategias para el correcto mantenimiento preventivo y correctivo del colector de polvo del horno de inducción (La última evaluación de los sistemas de extracción y ventilación fue realizada en la refinería en el segundo trimestre del 2015 donde se determinó que los sistemas de ventilación del área de retortas eran ACEPTABLES, en cambio los sistemas de ventilación de las zonas de filtros prensa indicó la necesidad de reemplazo del equipo existente por uno de mayor potencia -20'000CFM).
- Se debe continuar con la inclusión en los exámenes médicos ocupacionales anuales la realización de los monitoreos biológicos en sangre tanto para mercurio y plomo, en adicional se debe plantear el monitoreo de mercurio de forma semestral.
- Se debe considerar la realización de pruebas de ajuste de respiradores (Pruebas fit testing) de forma obligatoria a todo el personal que realiza actividades operativas o de mantenimiento en la refinería.
- Continuar con la obligatoriedad del no consumo de alimentos ni bebidas en toda la refinería.
- Se debe implementar un área de limpieza, aseo personal y lavandería, donde todo personal que realiza actividades operativas y de mantenimiento debe de asearse antes de salir de la refinería.

- Todos los controles recomendados se deben documentar en un plan de acción que permita realizar el seguimiento e implementación de las mejoras en refinería.
  
- Continuar con las capacitaciones a todos los trabajadores que ingresen a la refinería sobre los riesgos de exposición a mercurio y plomo. Además del cumplimiento de los controles al ingreso y salida de la refinería, con el fin que se tome conciencia sobre una posible sobreexposición a mercurio y plomo.

## 7. BIBLIOGRAFIA

### NORMATIVA NACIONAL

- 1993 Constitución Política del Perú  
[www.congreso.gob.pe/ntley/Imágenes/Constitu/Cons1993.pdf](http://www.congreso.gob.pe/ntley/Imágenes/Constitu/Cons1993.pdf)
- 2012 Ley de Seguridad y Salud en el trabajo (Ley 29783).  
[www.sunafil.gob.pe/portal/images/docs/normatividad/LEYDESEGURIDAD\\_SALUDTRABAJO-29783.pdf](http://www.sunafil.gob.pe/portal/images/docs/normatividad/LEYDESEGURIDAD_SALUDTRABAJO-29783.pdf)
- 2005 Reglamento de Valores Límites Permisibles para agentes químicos en ambientes de trabajo (Decreto Supremo N° 015-2005-SA)  
[http://www.mintra.gob.pe/contenidos/archivos/sst/DS\\_015-2005-SA%20.pdf](http://www.mintra.gob.pe/contenidos/archivos/sst/DS_015-2005-SA%20.pdf)
- 2013 Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo (Decreto Supremo 005-2014-TR)  
[http://www.trabajo.gob.pe/archivos/file/SNIL/normas/2013-07-23\\_005-2013-TR\\_2994.pdf](http://www.trabajo.gob.pe/archivos/file/SNIL/normas/2013-07-23_005-2013-TR_2994.pdf)
- 2016 Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (Decreto Supremo N° 024-2016.EM)  
[http://www.minem.gob.pe/\\_detalle.php?idSector=1&idTitular=7483](http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=1&idTitular=7483)
- 2007 Guía práctica clínica para el manejo de pacientes con intoxicación por plomo (Resolución ministerial N° 511-2017.MINSA)  
<https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/189248-511-2017-minsa>
- 2013 Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por Mercurio y Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por Cadmio (Resolución ministerial N° 757-2013.MINSA)

<https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/198798-757-2013-minsa>

### **REVISTAS, LIBROS Y DOCUMENTOS**

2012 Walter Lizandro Arias Gallegos (Licenciado en Psicología, Máster en Psicopedagogía, Profesor e Investigador Adjunto. Universidad Católica de San Pablo, Arequipa, Perú)

Revisión histórica de la salud ocupacional y la seguridad industrial  
Revista Cubana de Salud y Trabajo.

[http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol13\\_3\\_12/rst07312.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol13_3_12/rst07312.htm)

### **MAPFRE**

1983 Curso de higiene industrial

Madrid-MAPFRE 1983 Edición

1996 Manual de Higiene Industrial

Madrid-MAPFRE 1996 4ta Edición

### **MANUEL REPETTO JIMÉNEZ; GUILLERMO REPETTO KUHN**

2009 Toxicología fundamental

Editor: Madrid Díaz de Santos 2009 Edición: 4a. edición

### **LILIA A. ALBERT**

2011 Curso básico de toxicología ambiental

Editor: México; D.F. Limusa 2011 Edición: 2a. ed.

### **GALVÃO A.C., LUIZ; ECO/OPS**

1987 Mercurio.

Series Vigilancia. Editor: Metepec ECO 1987 Edición: s/e.

1989 Plomo

Series Vigilancia. Editor: Metepec ECO 1989 Edición: s/e.

**WILLIS POMA BELTRAN**

2014- "Diseño de un programa anual de higiene ocupacional aplicando la metodología de estrategia de muestreo NIOSH 77-173 para los agentes de ruido y material particulado en una empresa minera"

"Universidad Nacional de Ingeniería (Lima). Facultad de Ingeniería Ambiental"

**ADOLFO BRAVO ANDIA**

2015 Evaluación de la exposición ocupacional a polvos y humos metálicos en una planta de afino y moldeo de una industria metalúrgica

"Universidad Nacional de Ingeniería (Lima). Facultad de Ingeniería Ambiental"

**ACGIH**

2017 Thershold limit Values for chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

**NIOSH**

Nelson A Leidel / Kenneth A. Busch / Jereniah R. Lynch / NIOSH

1977 Occupational Exposure Sampling Strategy Manual

U.S Department of health, Education, and welfare / Public Health Service / Center for disease Control / National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

<https://www.cdc.gov/niosh/docs/77-173/pdfs/77-173.pdf>

2003 NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) 4th Edition

METODO NIOSH- 6009- MERCURY

<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/6009.pdf>

METODO NIOSH-7300- ELEMENTOS (PLOMO)

<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7300.pdf>

**AIHA**

2010 La estrategia para la evaluación de la exposición ocupacional  
American Industrial Hygiene Association (AIHA)

**IRSST**

2001 Guide for the adjustment of permissible exposure values (PEVs) for  
unusual work schedules- 4ta Edition

Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail du Québec –  
Canadá.

<http://www.irsst.qc.ca/media/documents/pubirsst/t-22.pdf>

**MINERA BARRICK MISQUICHILCA**

2014 Manual de Operaciones – Alto Chicama.

Minera Barrick Misquichilca- Lagunas norte- 2014

2010 Hoja de Seguridad- Nitrato de Plomo.

Merck KGaA -Alemania

2012 Hoja de seguridad – Mercurio.

Minera Barrick Misquichilca

**EMILIO CASTEJÓN VILELLA XAVIER GUARDINO SOLÀ**

Estrategia de muestreo de agentes químicos en aire

Universidad Oberta de Catalunya

[https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Salut\\_en\\_el\\_treball/Especializacion\\_en\\_higiene\\_industrial/Especializacion\\_en\\_higiene\\_industrial\\_\(Modulo\\_2\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Salut_en_el_treball/Especializacion_en_higiene_industrial/Especializacion_en_higiene_industrial_(Modulo_2).pdf)

**ASEPEYO**

Instrumentos de Medición y Muestreo

Dirección Seguridad Higiene – ASEPEYO

[http://www.formacionsh.asepeyo.es/contenidos/sh/DSH\\_MEDMUES\\_AIC/C/CONTENT/MEDIA/PDF/I1\\_0.PDF](http://www.formacionsh.asepeyo.es/contenidos/sh/DSH_MEDMUES_AIC/C/CONTENT/MEDIA/PDF/I1_0.PDF)

## 8. ANEXOS

- ANEXO I: MATRIZ IPERC DEL PUESTO OPERADOR DE REFINERIA
- ANEXO II: CRONOGRAMA DE MONITOREOS DE EXPOSICIÓN A MERCURIO Y PLOMO DEL OPERADOR DE REFINERIA
- ANEXO III: EXPLICACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL METODO QUEBEC DEL IRSST-CANADA PARA DETERMINAR EL LIMITE MAXIMO PERMISIBLE AJUSTADO.
- ANEXO IV: EXPLICACIÓN DE LA TOMA DE DECISIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA PLANTILLA IHSTAT.-V235 DE LA AIHA.
- ANEXO V: UTILIZACIÓN DE LA TABLA IHSTAT.-V235 EN ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EXPOSICIÓN A MERCURIO Y PLOMO.

**ANEXO I: MATRIZ IPERC DEL PUESTO OPERADOR DE REFINERIA**

<b>Site</b>	Procesos	
<b>Título</b>	IPERC de salud del operador de refinería	
<b>Patrocinador</b>	Superintendente de procesos	
<b>Objetivo</b>	Revisar los riesgos relacionados con las actividades de refinería enfocado en los aspectos de salud y seguridad ocupacional.	
<b>Antecedentes</b>	Actualización del IPERC 2013	
<b>Alcance</b>	Actividades del operador de refinería -Procesos	
<b>Equipo Evaluador</b>	<b>Nombre</b>	<b>Rol</b>
	Trabajador 1	Supervisor de planta procesos
	Trabajador 2	Supervisor de refinería
	Trabajador 3	Supervisor de higiene ocupacional
	Trabajador 4	Operador de refinería
	Trabajador 5	Operador de refinería
<b>Fecha Límite</b>	10/3/2015	
<b>Fecha de Evaluación y Hora</b>	11/3/2015	
<b>Lugar de Evaluación</b>	Procesos	
<b>Facilitador</b>	Supervisor de planta procesos	

IDENTIFICAR						EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR		
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenante s / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Quando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)
1. Cosecha de filtros prensa (9 - 14 veces por mes, 2.5 hrs.).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secado de filtros (ruido) inyección de aire a presión</li> <li>• Retirar precipitado a bandejas de Liner.</li> <li>• Lavar telas</li> <li>• Reparación de fugas</li> </ul>	Potencial derrame de solución cianurada. falla de válvulas.	Gas de cianhídrico (HCN)	.Intoxicación por acido cianhídrico. Asfixia celular.	<1yr	Probable	Mayor	Alto	Capacitación en código de cianuro	Control administrativo.	Probable	Menor	Medio
					<1yr				Ventilación de zonas de trabajo.	Control de ingeniería.			
					<1yr				Control de pH en soluciones de planta para eliminar emisión de HCN	Control de ingeniería.			
					<1yr				Uso de medidor de HCN portátil	Control de ingeniería.			
					<1yr				Evacuar zonas con niveles mayores a 4.7 ppm de HCN	Control administrativo.			
					<1yr				kit de antídoto ante intoxicación con ácido cianhídrico.	Respuesta ante emergencias			
					<1yr				Personal calificado, inducción específica	Control administrativo.			
		Incremento del ruido que se generado por secado y limpieza de filtros prensa. Generación de ruido más del límite permitido (83dB) por golpe de herramientas.	Ruido	Sordera, hipoacusia y efectos extra auditivos: (irritabilidad y ansiedad)	>3yrs	Probable	Mayor	Alto	Uso de protectores auditivos	Equipos de protección eersonal. (EPP).	Probable	Menor	Medio
					>3yrs				Mapa de ruido	Control administrativo.			
					>3yrs				Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos	Control administrativo.			
					>3yrs				Capacitación en uso de EPPs	Control administrativo.			

IDENTIFICAR						EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR		
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenante s / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Quando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto , Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto , Medio, Bajo)
1. Cosecha de filtros prensa (9 - 14 veces por mes, 2.5 hrs.).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secado de filtros (ruido) inyección de aire a presión</li> <li>• Retirar precipitado a bandejas de Liner.</li> <li>• Lavar telas</li> <li>• Reparación de fugas</li> </ul>	Posiciones inadecuadas.	Factor de Riesgo Disergonómico	Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr	Probable	Mayor	Alto	Capacitación en ergonomía	Control administrativo.	Probable	Moderado	Medio
					<1yr				Evitar movimientos repetitivos, se turnan.	Control administrativo.			
		Realizar sobreesfuerzos		Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr				Peso Max de carga por persona 25 Kg. Trabajo realizado entre dos personas	Control administrativo.			
		Adoptar posición incómoda para retirar el precipitado (cosecha) de las placas		Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr				Trabajo se realiza entre 2 personas	Control administrativo.			
		Adoptar posición incómoda para retirar el precipitado (cosecha) de las placas		Lumbalgia dolor en las extremidades	<1yr				Evitar movimientos repetitivos, se turnan	Control administrativo.			
		Contacto directo con el precipitado húmedo o Respiración de los vapores de Mercurio ,sin uso adecuado de EPP'S (guantes de nitrilo y respirador de cara completa)	Vapor de mercurio y Mercurio Liquido	Nocivo, dificultad respiratoria, Dolor en el pecho, náuseas y vómitos, dolor abdominal, irritaciones. Puede ingresar por la piel, produciendo síntomas similares a los que producen por inhalación, irritaciones y dermatitis. Irritaciones , Conjuntivitis, Ulceración corneal. Por ingestión nociva, produce síntomas similares a los que se producen por inhalaciones. Rápida absorción, Diarrea, y Anemia	<1yr	Probable	Insignificante	Bajo	USO DE EPP: tivek, guantes látex, casco, lentes, respirador con filtro para mercurio	Equipos de protección personal. (EPP).	Probable	Insignificante	Bajo
				<1yr	Capacitación en código de mercurio (tabla de decisiones de mercurio)				Control administrativo.				
				<1yr	Monitoreo de mercurio en las diferentes áreas y sistema de extracción en refinera (Equipo en línea).				Control de ingeniería.				

IDENTIFICAR						EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR		
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenante s / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Quando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)
2. Carguío de bandejas (9-14 por mes, 30 min.)	• Llenado de bandejas metálicas con lampa.	Potencial derrame de solución cianurada. Falla de válvulas.	Gas de cianhídrico (HCN)	.Intoxicación por acido cianhídrico. Asfixia celular.	<1yr	Poco probable	Menor	Bajo	Capacitación en código de cianuro	Control administrativo.	Poco probable	Menor	Bajo
					<1yr				Ventilación de zonas de trabajo.	Control de ingeniería.			
					<1yr				Control de pH en soluciones de planta para eliminar emisión de HCN	Control de ingeniería.			
					<1yr				Uso de medidor de HCN portátil	Control de ingeniería.			
					<1yr				Evacuar zonas con niveles mayores a 4.7 ppm de HCN	Control administrativo.			
					<1yr				kit de antídoto ante intoxicación con ácido Cianhídrico.	Respuesta ante emergencias			
					<1yr				Personal calificado, inducción específica	Control administrativo.			
		Ruido que se generado por la retortas y horno de fundición. Generación de ruido entre 80 y 83dB.	Ruido	Sordera, hipoacusia y efectos extra auditivos: (irritabilidad y ansiedad)	>3yrs	Poco probable	Moderado	Medio	Uso de protectores auditivos	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco probable	Menor	Bajo
					>3yrs				Mapa de ruido	Control administrativo.			
					>3yrs				Mantenimiento Preventivo y correctivo de equipos	Control administrativo.			
					>3yrs				Capacitación en uso de EPPs	Control administrativo.			
		Posiciones inadecuadas.	Factor deriesgo disergonómico	Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr	Poco probable	Mayor	Medio	Capacitación en ergonomía	Control administrativo.	Poco Probable	Menor	Bajo
					<1yr				Evitar movimientos repetitivos, se turnan.	Control administrativo.			
		Realizar sobreesfuerzos		Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr				Peso Max de carga por persona 25 Kg. Trabajo realizado entre dos personas	Control administrativo.			

IDENTIFICAR					EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR			
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenante s / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Quando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto , Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto , Medio, Bajo)
2. Carguío de bandejas (9-14 por mes, 30 min.)	Llenado de bandejas metálicas con lampa.	Contacto directo con el precipitado húmedo o Respiración de los vapores de Mercurio ,sin uso adecuado de EPP'S (guantes de nitrilo y respirador de cara completa)	Vapor de mercurio y mercurio Líquido	Nocivo, dificultad respiratoria, Dolor en el pecho, náuseas y vómitos, dolor abdominal, irritaciones. Puede ingresar por la piel, produciendo síntomas similares a los que producen por inhalación, irritaciones y dermatitis. Irritaciones , conjuntivitis, ulceración corneal. Por ingestión nociva, produce síntomas similares a los que se producen por inhalaciones. Rápida absorción, diarrea, anuria y anemia	<1yr	Poco probable	Insignificante	Bajo	USO DE EPP: tivek, guantes látex, casco, lentes. Respirador con filtro para mercurio	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco Probable	Insignificante	Bajo
					<1yr				Capacitación en código de mercurio (tabla de decisiones de mercurio)	Control administrativo.			
					<1yr				Monitoreo de mercurio en las diferentes áreas y sistema de extracción en refinería (Equipo en Línea).	Control de ingeniería.			
	• Movimiento de bandejas ( Conducción de montacargas)	Incremento del ruido que se generado por la sirena del montacargas. Generación de ruido más del límite permitido (83dB) por golpe de herramientas.	Ruido	Sordera, hipoacusia y efectos extra auditivos: (irritabilidad y ansiedad)	>3yrs	Poco probable	Moderado	Medio	Uso de protectores auditivos	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco Probable	Menor	Bajo
					>3yrs				Mapa de ruido	Control administrativo.			
					>3yrs				Mantenimiento Preventivo y correctivo de equipos	Control administrativo.			
					>3yrs				Capacitación en uso de EPPs	Control administrativo.			
	Vibración generada por el motor del montacargas.	Vibración de cuerpo entero	Problemas musculoesqueleticas en la zona dorsal y lumbar.	>3yrs	Poco probable	Insignificante	Bajo	Asiento Ergonómico con sistema de amortiguamiento.	Control de ingeniería.	Poco probable	Insignificante	Bajo	
				>3yrs				Mantenimiento Preventivo y correctivo del montacargas	Control administrativo.				
	3. Carguío de retortas (9-14	• Carguío de retortas	Incremento del ruido que se generado por	Ruido	Sordera, hipoacusia y efectos extra auditivos:	>3yrs	Poco probable	Moderado	Medio	Uso de protectores auditivos	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco probable	Menor

IDENTIFICAR						EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR					
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)					
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenante s / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Cuando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)			
por mes, 30 min.)	(montacargas) • Operación de retorta (gata hidráulica manual) • Cerrado de puestas • Encendido	el ruido de las retortas Generación de ruido más del límite permitido (83dB) por golpe de herramientas.		(irritabilidad y ansiedad)	>3yrs				Mapa de ruido	Control administrativo.			Bajo			
					>3yrs				Mantenimiento Preventivo y correctivo de equipos	Control administrativo.						
					>3yrs					Capacitación en uso de EPPs	Control administrativo.					
				Contacto directo con el precipitado húmedo o respiración de los vapores de mercurio ,sin uso adecuado de EPP'S (guantes de nitrilo y respirador de cara completa)	Vapor de mercurio y Mercurio Líquido	Nocivo, dificultad respiratoria, Dolor en el pecho, náuseas y vómitos, dolor abdominal, irritaciones. Puede ingresar por la piel, produciendo síntomas similares a los que producen por inhalación, irritaciones y dermatitis. Irritaciones , Conjuntivitis, ulceración corneal. Por ingestión nociva, produce síntomas similares a los que se producen por inhalaciones. Rápida absorción, diarrea, anuria y anemia	<1yr	Poco probable	Significante	Alto	USO DE EPP: titek, guantes látex, casco, lentes. Respirador con filtro para mercurio	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco probable	Moderado	Medio	
					<1yr						Capacitación en código de mercurio (tabla de decisiones de mercurio)	Control administrativo.				
					<1yr						Monitoreo de mercurio en las diferentes áreas y sistema de extracción en refinería (Equipo en línea).	Control de ingeniería.				
				Posiciones inadecuadas.	Factor de Riesgo Disergonómico	Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr	Poco probable	Mayor	Medio	Capacitación en ergonomía	Control administrativo.	Poco probable	Moderado	Medio	
						<1yr						Evitar movimientos repetitivos, se turnan.				Control administrativo.
				Realizar sobreesfuerzos		Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr									Peso Max de carga por persona 25 Kg. Trabajo realizado entre dos personas

IDENTIFICAR						EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR		
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenantes / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Cuando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)
3. Carguío de retortas (9-14 por mes, 30 min.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carguío de retortas (montacargas)</li> <li>• Operación de retorta (gata hidráulica manual)</li> <li>• Cerrado de puestas</li> <li>• Encendido</li> </ul>	Generación de calor por radiación y calor por conducción (actividad de desmolde)	Temperaturas elevadas	Golpe de calor, estrés térmico y deshidratación	>3yrs	Poco probable	Moderado	Medio	Traje aluminizado, capucha, casco y casaca aluminizados, guantes de mitón, además del EPP completo	Control administrativo.	Poco probable	Moderado	Medio
					>3yrs				Capacitación	Control administrativo.			
					>3yrs				Ventilación de zonas de trabajo.	Control de ingeniería.			
4. Descarga de retortas (9-14 por mes, 45 min.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir retortas</li> <li>• Retiro de bandejas (montacargas)</li> </ul>	Incremento del ruido que se generado por la sirena del montacargas. Generación de ruido más del límite permitido (83dB) por golpe de herramientas.	Ruido	Sordera, hipoacusia y efectos extra auditivos: (irritabilidad y ansiedad)	>3yrs	Poco probable	Moderado	Medio	Uso de protectores auditivos	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco probable	Menor	Bajo
					>3yrs				Mapa de ruido	Control administrativo.			
					>3yrs				Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos	Control administrativo.			
					>3yrs				Capacitación en uso de EPPs	Control administrativo.			
		Vibración generada por el motor del montacargas.	Vibración de Cuerpo Entero	Problemas musculoesqueleticas en la zona Dorsal y Lumbar.	>3yrs	Poco probable	Insignificante	Bajo	Asiento Ergonómico con sistema de amortiguamiento.	Control de Ingeniería.	Poco probable	Insignificante	Bajo
					>3yrs				Mantenimiento Preventivo y correctivo del montacargas	Control administrativo.			

IDENTIFICAR						EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR		
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenante s / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Cuando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)
4. Descarga de retortas (9-14 por mes, 45 min.)	• Abrir retortas • Retiro de bandejas (montacargas)	Contacto directo con el precipitado húmedo o Respiración de los vapores de Mercurio ,sin uso adecuado de EPP'S (guantes de nitrilo y respirador de cara completa)	Vapor de mercurio y Mercurio Liquido	Nocivo, dificultad respiratoria, Dolor en el pecho, náuseas y vómitos, dolor abdominal, irritaciones. Puede ingresar por la piel, produciendo síntomas similares a los que producen por inhalación, irritaciones y dermatitis. Irritaciones , Conjuntivitis, ulceración corneal. Por ingestión nociva, produce síntomas similares a los que se producen por inhalaciones. Rápida absorción, diarrea, anuria y anemia	<1yr	Poco probable	Significante	Alto	USO DE EPP: tivek, guantes látex, casco, lentes. respirador con filtro para mercurio	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco probable	Moderado	Medio
					<1yr				Capacitación en código de mercurio (tabla de decisiones de mercurio)	Control administrativo.			
					<1yr				Monitoreo de mercurio en las diferentes áreas y sistema de extracción en refinería (Equipo en línea).	Control de ingeniería.			
	• Mezcla con fundentes (bórax, carbonato de Na y nitrato de Na todos en polvo) • Volteo de bandejas	Emisión de material particulado	Polvo de sílice cristalina- polvo total y polvo respirable,	Silicosis, neoplasias de pulmón o bronquio	<1yr	Poco probable	Insignificante	Bajo	Uso de respirador contra partículas y filtro P100	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco probable	Insignificante	Bajo
					<1yr				USO DE EPP: mameluco, guantes látex, casco, lentes.	Equipos de protección personal. (EPP).			
					<1yr				Capacitación en uso de EPPS	Control administrativo.			
					<1yr				Colector de polvo	Control de Ingeniería.			
					<1yr				Prueba de fit testing	Control administrativo.			
					<1yr				USO DE EPP: tyvek, guantes látex, casco, lentes y respirador de media cara.	Control administrativo.y . equipos de protección personal. (EPP).			
	<1yr	MSDS Carbonato de Sodio											
	<1yr	Capacitación											
			Contacto directo con la piel y los ojos por el uso inadecuado de EPP'S . No almacenar correctamente.	Carbonato de sodio	Tos, estornudos e irritación del tracto respiratorio y las fosas nasales.	<1yr	Poco probable	Insignificante	Bajo		Poco probable	Insignificante	Bajo

IDENTIFICAR						EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR		
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenantes / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Quando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)
4. Descarga de retortas (9-14 por mes, 45 min.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mezcla con fundentes (bórax, carbonato de Na y nitrato de Na todos en polvo)</li> <li>Volteo de bandejas</li> </ul>	Inadecuada manipulación y almacenamiento de perborato de sodio.	Perborato de sodio	Puede causar irritación. En caso del contacto repetido: riesgo de dermatitis. El ácido bórico, un producto de conversión de perborato de sodio en los sistemas biológicos, se absorbe débilmente a través la piel sana, pero se absorbe a través la piel escoriada, raída o quemada que resulta en los efectos sistémicos similares a la ingestión. Inhalación: Irritación de la nariz y la garganta. En altas concentraciones, tos. Irritación severa de los ojos, lagrimeo, enrojecimiento de los ojos. Riesgo de lesiones oculares temporales. Puede causar irritación severa de la boca, de la garganta, del esófago y del estómago. Hinchazón del estómago y eructos.	<1yr	Poco probable	Insignificante	Bajo	Capacitación en reactivos químicos	Control administrativo.	Poco probable	Insignificante	Bajo
					<1yr				Sistema de ventilación	Control de ingeniería.			
					<1yr				MSDS de Bórax	Control administrativo.			
					<1yr				USO DE EPP: mameluco, guantes látex, casco, lentes. Full face con filtro para polvo	Equipos de protección personal. (EPP).			
		Incremento del ruido que se generado por las retortas. Generación de ruido más del límite permitido (83dB) por golpe de herramientas.	Ruido	Sordera, hipoacusia y efectos extra auditivos: (irritabilidad y ansiedad)	>3yrs	Poco probable	Moderado	Medio	Uso de protectores auditivos	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco Probable	Menor	Bajo
					>3yrs				Mapa de ruido	Control administrativo.			
					>3yrs				Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos	Control administrativo.			
					>3yrs				Capacitación en uso de EPPs	Control administrativo.			

IDENTIFICAR					EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR			
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenante s / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Quando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto , Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto , Medio, Bajo)
4. Descarga de retortas (9-14 por mes, 45 min.)	• Mezcla con fundentes (bórax, carbonato de Na y nitrato de Na todos en polvo) • Volteo de bandejas	Contacto directo con el precipitado húmedo o Respiración de los vapores de Mercurio ,sin uso adecuado de EPP'S (guantes de nitrilo y respirador de cara completa)	Vapor de mercurio y Mercurio Líquido	Nocivo, dificultad respiratoria, Dolor en el pecho, náuseas y vómitos, dolor abdominal, irritaciones. Puede ingresar por la piel, produciendo síntomas similares a los que producen por inhalación, irritaciones y dermatitis. Irritaciones , Conjuntivitis, Ulceración corneal. Por ingestión nociva, produce síntomas similares a los que se producen por inhalaciones. Rápida absorción, diarrea, anuria y anemia	<1yr	Poco probable	Moderado	Medio	USO DE EPP: tvek, guantes látex, casco, lentes. respirador con filtro para mercurio	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco probable	Menor	Bajo
					<1yr				Capacitación en código de mercurio (tabla de decisiones de mercurio)	Control administrativo.			
					<1yr				Monitoreo de mercurio en las diferentes áreas y sistema de extracción en refinería (Equipo en línea).	Control de ingeniería.			
		Posiciones inadecuadas.	Factor de riesgo disergonómico	Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr	Poco probable	Mayor	Medio	Capacitación en ergonomía	Control administrativo.	Poco probable	Moderado	Medio
					<1yr				Evitar movimientos repetitivos, se turnan.	Control administrativo.			
					<1yr				Peso Max de carga por persona 25 Kg. Trabajo realizado entre dos personas	Control administrativo.			
		Realizar sobreesfuerzos	Factor de riesgo disergonómico	Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr	Poco probable	Mayor	Medio	Peso Max de carga por persona 25 Kg. Trabajo realizado entre dos personas	Control administrativo.	Poco probable	Moderado	Medio
					<1yr				Levantamiento de carga entre dos personas	Control administrativo.			

IDENTIFICAR					EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR			
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenantes / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Cuando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)
5. Fundición (9-14 por mes, 8 horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carguío de hornos (hasta 1000 grados)</li> <li>• Inspección de hornos (no polvo)</li> <li>• Preparación del coche de colada preparación de 13 - 16 peldaño cada uno c peso de 4-5 kg.</li> <li>• Colada.</li> </ul>	Incremento del ruido que se generado por las retortas. Generación de ruido más del límite permitido (83dB) por golpe de herramientas.	Ruido	Sordera, hipoacusia y efectos extra auditivos: (irritabilidad y ansiedad)	>3yrs	Probable	Mayor	Alto	Uso de protectores auditivos	Equipos de protección personal. (EPP).	Probable	Moderado	Medio
					>3yrs				Mapa de ruido	Control administrativo.			
					>3yrs				Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos	Control administrativo.			
					>3yrs				Capacitación en uso de EPPs	Control administrativo.			
		Contacto directo con el precipitado húmedo o Respiración de los vapores de mercurio ,sin uso adecuado de EPP´S (guantes de nitrilo y respirador de cara completa)	Vapor de mercurio y mercurio líquido	Nocivo, dificultad respiratoria, Dolor en el pecho, náuseas y vómitos, dolor abdominal, irritaciones. Puede ingresar por la piel, produciendo síntomas similares a los que producen por inhalación, irritaciones y dermatitis. Irritaciones , Conjuntivitis, ulceración corneal. Por ingestión nociva, produce síntomas similares a los que se producen por inhalaciones. Rápida absorción, diarrea, anuria y anemia	<1yr	Probable	Mayor	Alto	USO DE EPP: tivek, guantes látex, casco, lentes. respirador con filtro para mercurio	Equipos de protección personal. (EPP).	Probable	Moderado	Medio
					<1yr				Capacitación en código de mercurio (tabla de decisiones de mercurio)	Control administrativo.			
					<1yr				Monitoreo de mercurio en las diferentes áreas y sistema de extracción en refinería (Equipo en línea).	Control de ingeniería.			

IDENTIFICAR					EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR			
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenantes / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Quando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)
5. Fundición (9-14 por mes, 8 horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carguío de hornos (hasta 1000 grados)</li> <li>• Inspección de hornos (no polvo)</li> <li>• Preparación del coche de colada preparación de 13 - 16 peldaño cada uno c peso de 4-5 kg.</li> <li>• Colada.</li> </ul>	Respiración de los Humos de fundición ,sin uso adecuado de EPP'S (guantes de nitrilo y respirador de media cara).	Humos de fundición (Arsénico, plomo, mercurio, cadmio, etc.)	Nocivo, dificultad respiratoria, Dolor en el pecho, náuseas y vómitos, dolor abdominal, irritaciones. Puede ingresar por la piel, produciendo síntomas similares a los que producen por inhalación, irritaciones y dermatitis. Irritaciones , conjuntivitis, ulceración corneal. Por ingestión nociva, produce síntomas similares a los que se producen por inhalaciones. Rápida absorción, diarrea, anuria y anemia	>3yrs	Probable	Mayor	Alto	USO DE EPP: tivek, guantes látex, casco, lentes. respirador con filtro para mercurio	Equipos de protección personal. (EPP).	Probable	Moderado	Medio
					>3yrs				Sistema de colección del horno.	Control de ingeniería.			
					>3yrs				Capacitación en código de mercurio (tabla de decisiones de mercurio)	Control administrativo.			
		Generación de calor por radiación y calor por conducción (actividad de desmolde )	Temperaturas elevadas	Golpe de calor, estrés térmico y deshidratación	>3yrs	Probable	Mayor	Alto	Traje aluminizado, capucha, casco y casaca aluminizados, guantes de mitón, además del EPP completo	Control administrativo.	Probable	Moderado	Medio
					>3yrs				Capacitación	Control administrativo.			
					>3yrs				Ventilación de zonas de trabajo.	Control de ingeniería.			
		Posiciones inadecuadas (Lanceado y limpieza de colada).	Factor de riesgo disergonómico	Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr	Probable	Moderado	Medio	Capacitación en ergonomía	Control administrativo.	Probable	Moderado	Medio
					<1yr				Evitar movimientos repetitivos, se turnan.	Control administrativo.			
		Realizar sobreesfuerzos(Lanceado y limpieza de colada).		Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr				Peso Max de carga por persona 25 Kg. Trabajo realizado entre dos personas	Control administrativo.			

IDENTIFICAR						EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR		
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenante s / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Quando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)
5. Fundición (9-14 por mes, 8 horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desmolde (ergonómico, calor por conducción)</li> <li>Limpieza de barras (ergonómico vibración por 10 min. por 2-3 veces por día)</li> <li>Almacenamiento de barras (ergonómico, levantar barras de 15-19 Kg. por 30 barras)</li> </ul>	Incremento del ruido que se generado por las retortas. Generación de ruido más del límite permitido (83dB) por golpe de herramientas.	Ruido	Sordera, hipoacusia y efectos extra auditivos: (irritabilidad y ansiedad)	>3yrs	Poco Probable	Mayor	Medio	Uso de protectores auditivos	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco probable	Moderado	Medio
					>3yrs				Mapa de ruido	Control administrativo.			
					>3yrs				Mantenimiento Preventivo y correctivo de equipos	Control administrativo.			
					>3yrs				Capacitación en uso de EPPs	Control administrativo.			
		Generación de calor por radiación y calor por conducción (actividad de desmolde )	Temperaturas elevadas	Golpe de calor, estrés térmico y deshidratación	>3yrs	Poco probable	Mayor	Medio	Traje aluminizado, capucha, casco y casaca aluminizados, guantes de mitón, además del EPP completo	Control administrativo.	Poco probable	Moderado	Medio
					>3yrs				Capacitación	Control administrativo.			
					>3yrs				Ventilación de zonas de trabajo.	Control de ingeniería.			
		Posiciones inadecuadas (Lanceado y limpieza de colada).	Factor de riesgo disergonómico	Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr	Poco probable	Moderado	Medio	Capacitación en ergonomía	Control administrativo.	Poco probable	Moderado	Medio
					<1yr				Evitar movimientos repetitivos, se turnan.	Control administrativo.			
		Realizar sobreesfuerzos (Lanceado y limpieza de colada).		Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr				Peso Max de carga por persona 25 Kg. Trabajo realizado entre dos personas	Control administrativo.			
		Vibración generada por el esmeril de banco o esmeril de mano	Vibración de mano brazo	trastornos vasculares, neurológicos, musculoesqueléticos y otros. Fenómeno de Raynaud o dedo blanco Inducido por vibración.	>3yrs	Poco probable	Moderado	Medio	Trabajo turnado entre dos operadores	Control de ingeniería.	Poco probable	Menor	Bajo
					>3yrs				Capacitación en ergonomía y manipulación de equipos eléctricos.	Control administrativo.			
>3yrs	Uso de guantes anti vibración.				Equipos de protección personal. (EPP).								



IDENTIFICAR					EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR				
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)			
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenante s / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Cuando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto , Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto , Medio, Bajo)	
6. Pre inspección de equipos o trabajos secundarios (9-14 por mes, 0.5 hr.)	• Revisión o cambio de resistencias, drenaje de condensadores, limpieza y drenaje de colectores de retortas, revisión y cambio de sellos y limpieza de filtros de agua, canaletas • drenaje de colector de mercurio.	Contacto directo con el precipitado húmedo o Respiración de los vapores de Mercurio ,sin uso adecuado de EPP'S (guantes de nitrilo y respirador de cara completa)	Vapor de mercurio y mercurio Liquido	Nocivo, dificultad respiratoria, Dolor en el pecho, náuseas y vómitos, dolor abdominal, irritaciones. Puede ingresar por la piel, produciendo síntomas similares a los que producen por inhalación, irritaciones y dermatitis. Irritaciones , conjuntivitis, Ulceración corneal. Por ingestión nociva, produce síntomas similares a los que se producen por inhalaciones. Rápida absorción, diarrea, anuria y anemia	<1yr	Poco probable	Mayor	Medio	USO DE EPP: tivek, guantes látex, casco, lentes. Respirador con filtro para mercurio	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco probable	Mayor	Medio	
					<1yr				Capacitación en código de mercurio (tabla de decisiones de mercurio)	Control administrativo.				
					<1yr				Monitoreo de mercurio en las diferentes áreas y sistema de extracción en refinería (Equipo en Línea).	Control de ingeniería.				
7. Cambio de crisol (1-2 mes, 5-6hrs)	• Cambio del interior del horno donde se funde el precipitado	Contacto directo con la piel y los ojos por el uso inadecuado de EPP'S . No almacenar correctamente.	Dióxido de alúmina	Tos, estornudos e irritación del tracto respiratorio y las fosas nasales.	<1yr	Improbable	Insignificante	Bajo	USO DE EPP: tyvek, guantes látex, casco, lentes.y respirador de Media Cara.	. Equipos de protección personal. (EPP).	Improbable	Insignificante	Bajo	
					<1yr				MSDS Carbonato de Sodio	Control administrativo.				
					<1yr				Capacitación	Control administrativo.				
		Incremento del ruido que se generado por las retortas. Generación de ruido más del límite permitido (83dB) por golpe de herramientas.	Ruido	Sordera, hipoacusia y efectos extra auditivos: (irritabilidad y ansiedad)	Ruido	>3yrs	Improbable	Menor	Bajo	Uso de protectores auditivos	Equipos de protección personal. (EPP).	Improbable	Menor	Bajo
						>3yrs				Mapa de ruido	Control administrativo.			
						>3yrs				Mantenimiento Preventivo y correctivo de equipos	Control administrativo.			
						>3yrs				Capacitación en uso de EPPs	Control administrativo.			

IDENTIFICAR						EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR		
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenante s / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Cuando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)
7. Cambio de crisol (1-2 mes, 5-6hrs)	• Cambio del interior del horno donde se funde el precipitado	Posiciones inadecuadas (Lanceado y limpieza de colada).	Factor de Riesgo Disergonómico	Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr	Improbable	Moderado	Bajo	Capacitación en ergonomía	Control administrativo.	Improbable	Moderado	Bajo
		Realizar sobreesfuerzos (Lanceado y limpieza de colada).		Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr				Evitar movimientos repetitivos, se turnan.	Control administrativo.			
				Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr				Peso Max de carga por persona 25 Kg. Trabajo realizado entre dos personas	Control administrativo.			
8. Trasvase de mercurio (1X mes, 2 hrs.)	•Realizar trasvase de mercurio de botellas de 5 litros a botellas de 20 litros	Incremento del ruido que se generado por las retortas. Generación de ruido más del límite permitido (83dB) por golpe de herramientas.	Ruido	Sordera, hipoacusia y efectos extra auditivos: (irritabilidad y ansiedad)	>3yrs	Improbable	Moderado	Bajo	Uso de protectores auditivos	Equipos de protección personal. (EPP).	Improbable	Moderado	Bajo
					>3yrs				Mapa de ruido	Control administrativo.			
					>3yrs				Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos	Control administrativo.			
					>3yrs				Capacitación en uso de EPPs	Control administrativo.			

IDENTIFICAR					EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR			
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenante s / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Quando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)
8. Trasvase de Mercurio (1 por mes, 2 hrs.)	•Realizar trasvase de Mercurio de botellas de 5 Litros a Botellas de 20 Litros	Contacto directo con el precipitado húmedo o Respiración de los vapores de Mercurio ,sin uso adecuado de EPP'S (guantes de nitrilo y respirador de cara completa)	Vapor de mercurio y mercurio liquido	Nocivo, dificultad respiratoria, Dolor en el pecho, náuseas y vómitos, dolor abdominal, irritaciones. Puede ingresar por la piel, produciendo síntomas similares a los que producen por inhalación, irritaciones y dermatitis. Irritaciones , Conjuntivitis, Ulceración corneal. Por ingestión nociva, produce síntomas similares a los que se producen por inhalaciones. Rápida absorción, Diarrea, Anuria y Anemia	<1yr	Improbable	Significante	Medio	USO DE EPP: tvek, guantes látex, casco, lentes. respirador con filtro para mercurio	Equipos de protección personal. (EPP).	Improbable	Moderado	Bajo
					<1yr				Capacitación en código de mercurio (tabla de decisiones de mercurio)	Control administrativo.			
					<1yr				Monitoreo de mercurio en las diferentes áreas y sistema de extracción en refinería (Equipo en línea).	Control de ingeniería.			
8. Trasvase de mercurio (1por mes, 2 hrs.)	•Realizar trasvase de mercurio de botellas de 5 litros a botellas de 20 litros	Posiciones inadecuadas (Lanceado y limpieza de colada).	Factor de riesgo disergonómico	Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr	Improbable	Moderado	Bajo	Capacitación en ergonomía	Control administrativo.	Improbable	Moderado	Bajo
		Realizar sobreesfuerzos (Lanceado y limpieza de colada).		Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr				Evitar movimientos repetitivos, se turnan.	Control administrativo.			
				<1yr	Peso Max de carga por persona 25 Kg. Trabajo realizado entre dos personas				Control administrativo.				
9. Limpieza de filtros de colector de polvos	•Realizar la limpieza de los filtros del colector de polvo del sistema de extracción del horno de inducción.	Incremento del ruido que se generado por las retortas. Generación de ruido más del límite permitido (83dB) por golpe de herramientas.	Ruido	Sordera, hipoacusia y efectos extra auditivos: (irritabilidad y ansiedad)	>3yrs	Poco probable	Moderado	Medio	Uso de protectores auditivos	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco probable	Insignificante	Bajo
					>3yrs				Mapa de ruido	Control administrativo.			
					>3yrs				Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos	Control administrativo.			
					>3yrs				Capacitación en uso de EPPs	Control administrativo.			

IDENTIFICAR						EVALUAR			CONTROLES		EVALUAR		
Objetivos, Actividades y Eventos			Desencadenantes e Impactos		Periodo De Tiempo (horizonte)	Calificación de Riesgo Inherente (Sin Controles)			Evaluación de controles existentes		Calificación de Riesgo Residual (con los controles actuales)		
Actividad (acciones para alcanzar el objetivo)	Tarea (acciones específicas para alcanzar el objetivo)	Evento (ocurrencia positiva o negativa que afecta el logro del objetivo)	Desencadenante s / Agente (actos o reacciones que inician o precipitan el evento)	Impactos (la severidad de las consecuencias medidas relativas al objetivo)	Cuando el impacto afectará realmente a la empresa (<1año; 1 to 3años; >3años)	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)	Controles actuales (Listar los controles o estrategias existentes para mitigar los riesgos); <b>Controles Críticos en negrita</b>	Controlar los Riesgos) 1. Eliminación 2. Sustitución 3. Control de Ingeniería. 4. Control Administrativo. 5. Equipos de Protección Personal. (EPP). 6. Respuesta ante Emergencias	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (Alto, Medio, Bajo)
9. Limpieza de filtros de colector de polvos	•Realizar la limpieza de los filtros del colector de polvo del sistema de extracción del horno de inducción.	Emisión de Material Particulado	Polvo de sílice cristalina- polvo total y polvo respirable y metales particulados formando compuestos	Silicosis, neoplasias de pulmón o bronquio	<1yr	Poco probable	Moderado	Medio	Uso de respirador contra partículas y filtro P100	Equipos de protección personal. (EPP).	Poco probable	Insignificante	Bajo
					<1yr				USO DE EPP: mameluco, guantes látex, casco, lentes.	Equipos de protección personal. (EPP).			
					<1yr				Capacitación en uso de EPPS	Control administrativo.			
					<1yr				Prueba de fit testing	Control administrativo.			
10 Actividades administrativas -trabajos de oficina (7 por mes, 10 hrs.)	Limpieza, reportes, trabajos de oficina (7 por mes, 10 hrs.)	Posiciones inadecuadas (Lanceado y limpieza de colada).	Factor de riesgo disergonómico	Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr	Improbable	Moderado	Bajo	Capacitación en ergonomía	Control administrativo.	Improbable	Moderado	Bajo
		Realizar sobreesfuerzos (Lanceado y limpieza de colada).		Dolor lumbar, cervical y en extremidades. Lumbago.	<1yr				Evitar movimientos repetitivos, se turnan.	Control administrativo.			
				<1yr	Peso Max de carga por persona 25 Kg. Trabajo realizado entre dos personas				Control administrativo.				

**ANEXO II: CRONOGRAMA DE MONITOREOS DE EXPOSICIÓN A MERCURIO Y PLOMO DEL OPERADOR DE REFINERÍA**

**Cuadro 09: Cronograma de monitoreos de exposición a mercurio y plomo - 2015**

Grupo de exposición similar (GES)	N	n <sub>1</sub>	Agente químico	Año 2015											
				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Operador de refinería	6	6	Mercurio			1	1	1	2	1					
		1	Metales de fundición (Plomo)									1			

**Cuadro 10: Cronograma de monitoreos de exposición a mercurio y plomo - 2016**

Grupo de exposición similar (GES)	N	n <sub>1</sub>	Agente químico	Año 2016											
				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Operador de refinería	6	12	Mercurio		3	4	1	2	1	1					
		5	Metales de fundición (plomo)			1		1		1				2	

**Cuadro 11: Cronograma de monitoreos de exposición a mercurio y plomo - 2017**

Grupo de exposición similar (GES)	N	n <sub>1</sub>	Agente químico	Año 2017											
				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Operador de refinería	6	13	Mercurio	2	1	3		1		4	1	1			
		3	Metales de fundición (plomo)				1			1					1

### ANEXO III: EXPLICACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL METODO QUEBEC DEL IRSST-CANADA PARA DETERMINAR EL LIMITE MAXIMO PERMISIBLE AJUSTADO.

Esta metodología nos permite realizar el ajuste de los límites máximos permisibles adecuado a las jornadas atípicas presentes en los trabajos realizados en las unidades mineras, tal es el caso de nuestro estudio que el personal tiene una jornada de 12 horas diarias en un régimen de 8 días de trabajo por 6 días de descanso por lo que es necesario contar con un límite máximo permisible más adecuado para la exposición del trabajador.

El método Quebec utiliza la Metodología OSHA / BRIEF SCALA además de considerar las características toxicológicas del agente químico por lo que define 4 categorías de ajuste (Categoría I, II, III y IV). Ver Figura 05

**Figura 05 : Lista de categorías de ajuste**

Ad	Adjustment classification	Type of adjustment
I-a	Substances regulated by a ceiling value	No adjustment
I-b	Irritating or malodorous substances	
I-c	Simple asphyxiants, substances presenting a safety risk or a very low health risk, whose half-life is less than 4 hours. Technological limitations	
II	Substances that produce effects following <i>short-term</i> exposure	Daily adjustment
III	Substances that produce effects following <i>long-term</i> exposure	Weekly adjustment
IV	Substances that produce effects following a <i>short- or long-term</i> exposure	Daily or weekly adjustment the most conservative of the two

#### Ajuste diario

Este ajuste es requerido para agentes químicos de la categoría II, donde se considera una jornada de 8 horas diarias como comparativo.

$$Fa = 8 // Hd$$

Fa: Factor de ajuste

Hd: Horas diarias trabajadas

### Ajuste semanal

Este ajuste es requerido para agentes químicos de la categoría III, donde se considera una jornada de 40 horas semanales como comparativo.

$$Fa = 40 // Hs$$

Fa: Factor de ajuste

Hs: Horas semanales trabajadas ( Para el cálculo de esta variables se considera los días de trabajo y descanso hasta que se repita el ciclo de trabajo). Ver Cuadro 12.

### Calculo del factor de ajuste (Fa) para el puesto de operador de refinería.

Previo a dicho cálculo se requiere saber qué tipo de ajuste de requiere utilizar por qué se debe definir que categoría de sustancia química pertenecen el plomo y mercurio (En nuestro caso ambos agentes químicos pertenecen a la categoría III). Por lo tanto se requiere utilizar el cálculo del factor de ajuste semanal

En el Cuadro 11 se detalla el cálculo de Hs y Fa para nuestro caso.

**Cuadro 12: Ciclo de trabajo del operador de refinería**

Semana	L	M	M	J	V	S	D	Horas trabajadas en la semana
1	12	12	12	12	12	12	12	84
2	12	0	0	0	0	0	0	12
<b>Promedio de horas por semana (Hs)</b>								<b>48</b>
<b>FACTOR DE AJUSTE PARA 48 HORAS</b>								<b>0.83</b>

### Cálculo del límite máximo permisible ajustado

Para calcular el límite máximo permisible (LMP) ajustado se requiere multiplicar el factor de ajuste (Fa) por el LMP adoptado.

$$LMP \text{ ajustado} = Fa \times LMP$$

Fa: Factor de ajuste

LMP: Límite máximo permisible basado en el anexo 15 del D.S 024-2016- EM.

Entonces ,

Para el plomo el límite máximo permisible ajustado es : 0.042 mg/m<sup>3</sup>

Para el mercurio el límite máximo permisible ajustado es : 0.00168 mg/m<sup>3</sup>

#### **ANEXO IV: EXPLICACIÓN DE LA TOMA DE DECISIÓN Y UTILIZANDO LA PLANTILLA IHSTAT.-V235 DE LA AIHA.**

El análisis estadístico de nuestra tesis se basa en utilizar las hojas de cálculo IHSTAT. V235 de la AIHA (American Industrial Hygiene Association) que nos permite agilizar los cálculos estadísticos como la media aritmética, los intervalos de confianza (Límite superior e inferior de confianza), Desviación estándar geométrica (DEG) entre otros además que permite determinar si nuestra data sigue una distribución normal o Log- normal (ya que realiza el test Shapiro y Wilk –W-Test para la data y las data log- transformadas).

Es muy importante para la toma de decisión que la data siga o no alguno de los modelos de distribución normal o log-normal, si esto no se da, es un indicio que la data utilizada requiere una nueva agrupación o reordenamiento además que permitirá mejorar el valor de la Desviación estándar Geométrica (DEG) como ocurrió en nuestra tesis de estudio.

##### **Utilización de la plantilla IHSTAT.V235**

La hoja de cálculo ha sido diseñado por John R. Mulhausen (CIH de la AIHA) y la Asociación Industrial Hygiene Association(-AIHA) para facilitar el análisis estadístico para la toma de decisión permitiendo se trabajado en el software EXCEL y en el idioma español o inglés.

Tener en cuenta que la utilización de esta hoja de cálculo no da garantía de ninguna clase y no es recomendable su uso para temas legales (Indicaciones por parte de la AIHA para deslincar responsabilidades).

Figura 06: Lineamiento de uso de la hoja IHSTAT. V235

**Estadísticas de Higiene Ocupacional**

**LEO o OEL**  
0.0168

Ingreso del Valor de referencia (puede ser TLV®, PEL, REL ...)

**Datos**  
max n = 200, considerar valores mayores que cero

**Estadística descriptiva**

Número de muestras (n)	12
Máximo (máx.)	0.0364
Mínimo (min.)	0.0069
Rango	0.0295
Media	0.0176
Mediana	0.0132
Desviación Estándar (s)	0.0096
Media geométrica	0.0154
Desviación estándar geométrica DEG	1.73
Porcentaje por encima del LEO	41.7%

El promedio aritmético de un conjunto de datos.

**Prueba de ajuste de una distribución**

Prueba W de datos log-transformados **Log-Normal ( $\alpha = 0.05$ )?** 0.937 **Si**

Indica si el perfil de exposición puede o no ser razonablemente estimado como una distribución log-normal.

Prueba o Test-W de datos **Normal ( $\alpha = 0.05$ ) ?** 0.893 **Si**

Indica si el perfil de exposición puede o no ser razonablemente estimado como una distribución normal.

**Estadísticas paramétricas para distribuciones Log-normales**

Media aritmética estimada (MA est.)	0.01760
LC11, 95% - Land's "Exacto"	0.01370
LCS1, 95% - Land's "Exacto"	0.02550
Percentil 95	0.03779
LTS 95%, 95%	0.06860
Fracción excedente del LEO	43.6%
LC11, 95%, %>OEL	26.3
LCS1, 95%, %>OEL	62.6

MA est = Media aritmética de una distribución log-normal estimada por el método Varianza Mínima Estimada No-sesgada (VMEN-S), usualmente más precisa que la Media Aritmética simple.  
La media Aritmética es el parámetro correcto para evaluar la exposición a largo plazo..

Si se calcula el límite superior de confianza en 95% (UCL, 1,95%) de la media aritmética y se encuentra por debajo del LEO, el higienista puede estar al menos 95 % seguro que el perfil de exposición es menor que el LEO.

**Estadísticas paramétricas para distribuciones normales**

Media	0.0176
LC11, 95% - estadística-t	0.013
LCS1, 95% - estadística-t	0.023
Percentil 95 - Z	0.033
LTS 95%, 95%	0.0439
Porcentaje mayor que LEO	53.3%

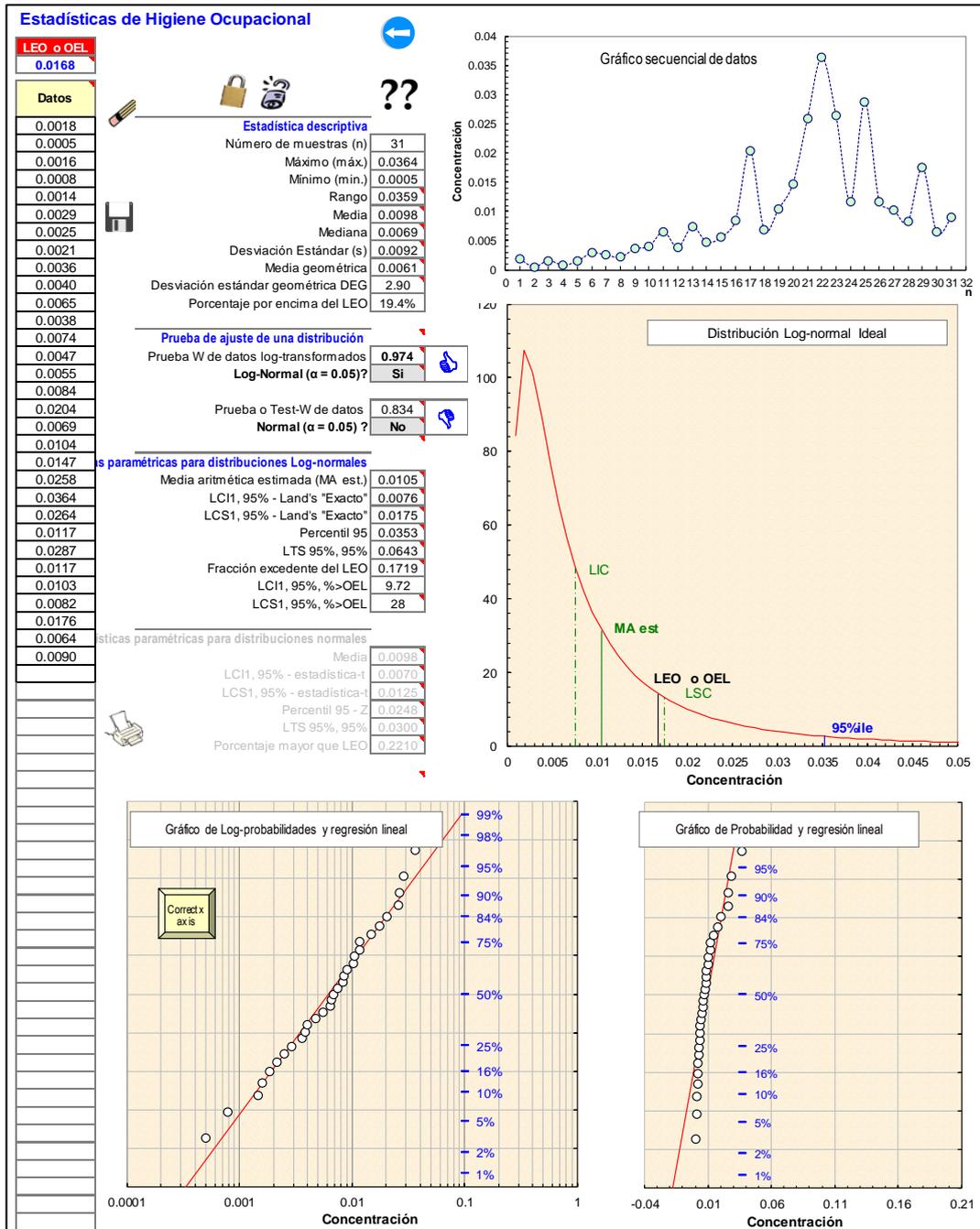
La media aritmética del perfil de exposición basado en estadística paramétrica normal. Sin embargo, excepto los niveles de ruido expresados en dB, los perfiles de exposición ocupacional tiene una distribución logarítmica, en lugar de una distribución normal.

Límite superior unilateral de confianza de 95% de la media aritmética.  
La combinación de los límites de confianza unilaterales superiores o inferiores de 95% forman un intervalo de confianza de 90% alrededor de la estimación de la media aritmética.

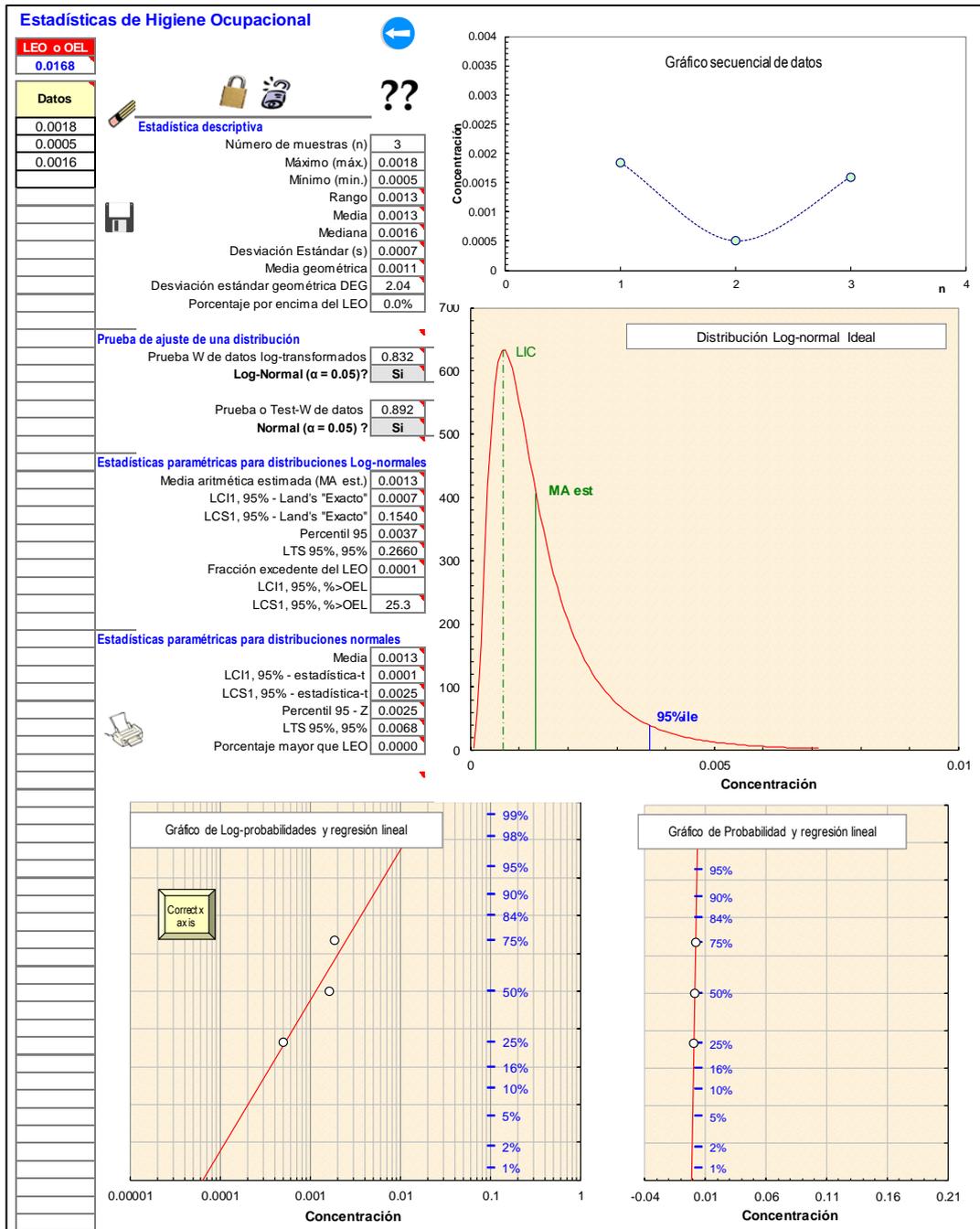
**ANEXO V: UTILIZACIÓN DE LA TABLA IHSTAT.-V235 EN ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EXPOSICIÓN A MERCURIO Y PLOMO.**

Para nuestro caso se han evaluado las exposiciones a mercurio del GES operador de refinería ((MBM- REF-01) y los sub GES operador de refinería-cosecha (MBM- REF-01-01), operador de refinería- retorteo (MBM- REF-01-02), operador de refinería- fundición (MBM- REF-01-03), operador de refinería-limpieza (MBM- REF-01-04). En el caso de la exposición a plomo se ha evaluado al GES operador de refinería ((MBM- REF-01-03).

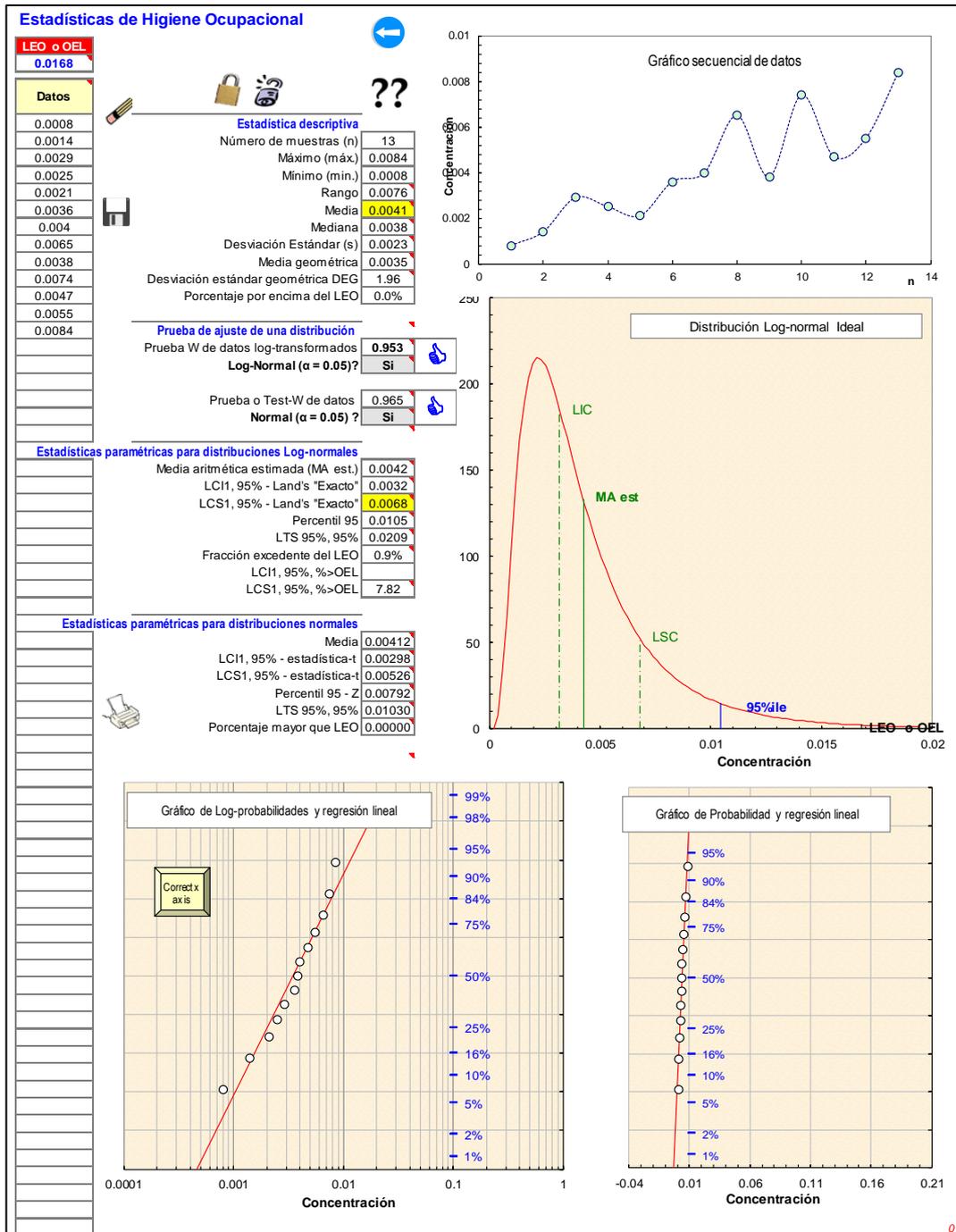
## Exposición a mercurio del GES operador de refinería ((MBM- REF-01)



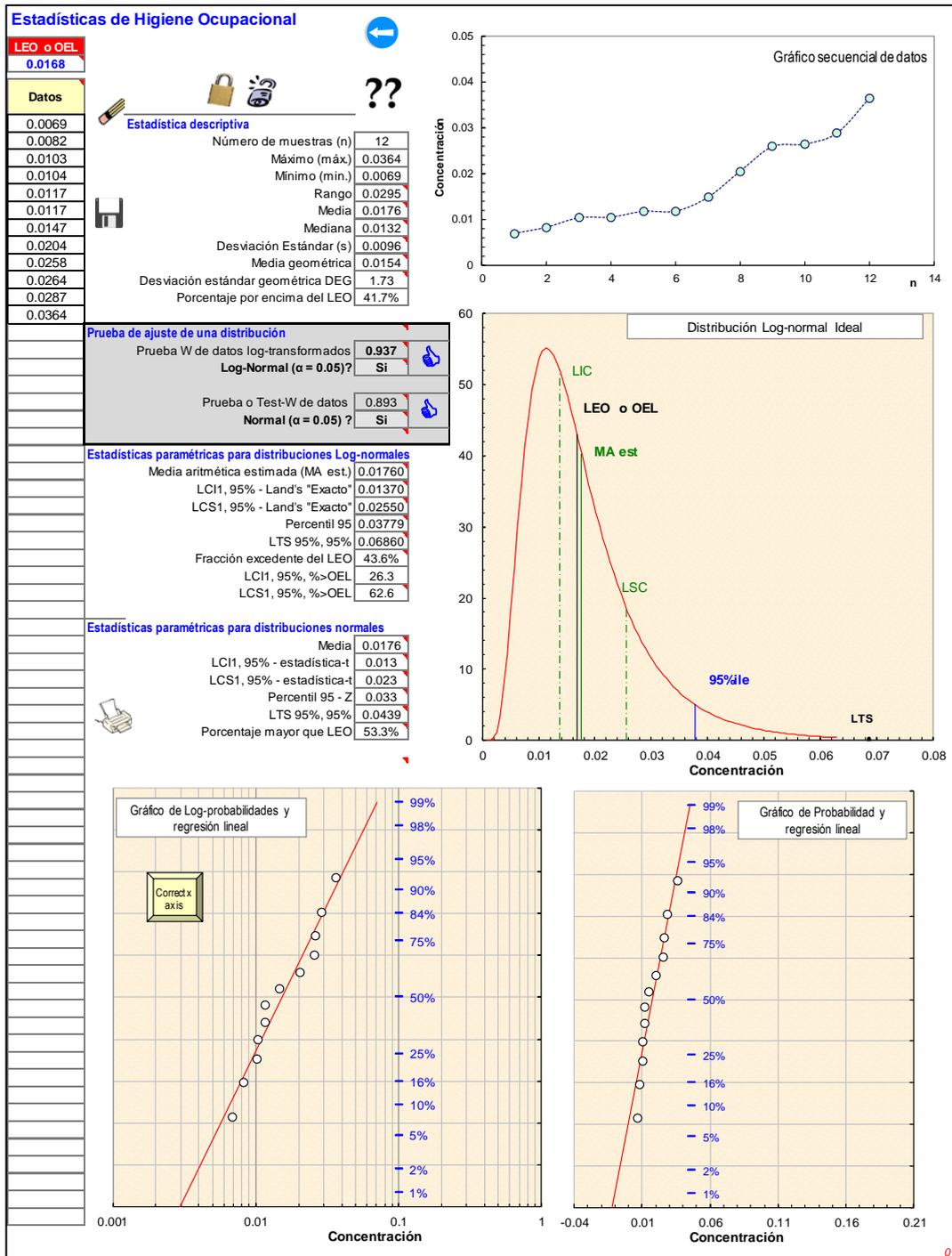
**Exposición a mercurio del sub GES operador de refinería- cosecha (MBM-REF-01-01**



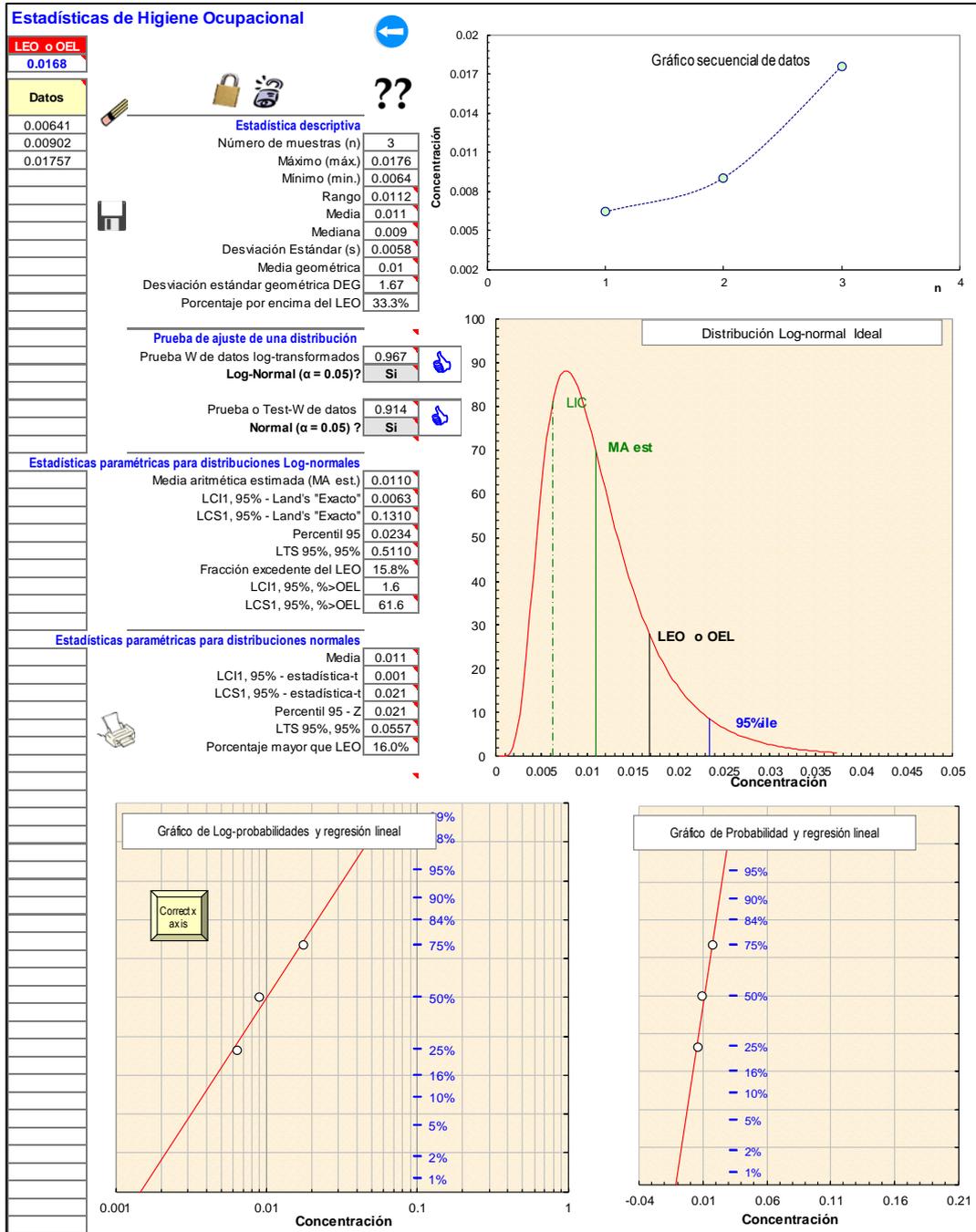
## Exposición a mercurio del sub GES operador de refinería- retorteo (MBM-REF-01-02)



## Exposición a mercurio del sub GES operador de refinería- fundición (MBM-REF-01-03)



## Exposición a mercurio del sub GES operador de refinería- limpieza (MBM-REF-01-04)



## Exposición a plomo del GES operador de refinería ((MBM- REF-01-03)

### Estadísticas de Higiene Ocupacional

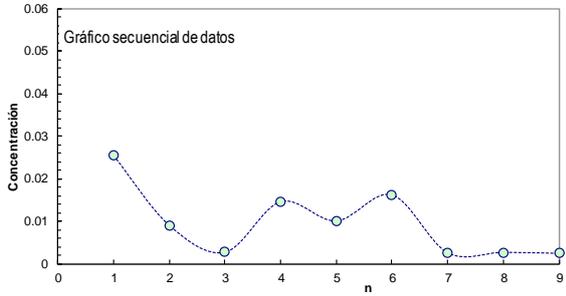
LEO o OEL  
0.042

Datos

0.0254
0.0090
0.0027
0.0146
0.0100
0.0161
0.0026
0.0027
0.0024

**Estadística descriptiva**

Número de muestras (n)	9
Máximo (máx.)	0.0254
Mínimo (mín.)	0.0024
Rango	0.023
Media	0.0095
Mediana	0.009
Desviación Estándar (s)	0.008
Media geométrica	0.0066
Desviación estándar geométrica DEG	2.56
Porcentaje por encima del LEO	0.0%



**Prueba de ajuste de una distribución**

Prueba W de datos log-transformados	0.847	Si
Log-Normal ( $\alpha = 0.05$ )?		
Prueba o Test-W de datos	0.855	Si
Normal ( $\alpha = 0.05$ )?		

**Estadísticas paramétricas para distribuciones Log-normales**

Media aritmética estimada (MA est.)	0.0096
LC11, 95% - Land's "Exacto"	0.0059
LCS1, 95% - Land's "Exacto"	0.0286
Percentil 95	0.0309
LTS 95%, 95%	0.1140
Fracción excedente del LEO	0.0244
LC11, 95%, %>OEL	0.153
LCS1, 95%, %>OEL	16.6

**Estadísticas paramétricas para distribuciones normales**

Media	0.0095
LC11, 95% - estadística-t	0.0045
LCS1, 95% - estadística-t	0.0146
Percentil 95 - Z	0.0227
LTS 95%, 95%	0.0338
Porcentaje mayor que LEO	0.0000

