

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“INFLUENCIA DE LAS MEDIDAS DE CONTROL PARA
REDUCIR LA EXPOSICIÓN LABORAL A VAPOR DE
MERCURIO EN PLANTA ADR Y REFINERÍA DE UNA MINA
DE ORO”**

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

ELABORADO POR:

YHILDO SOTOMAYOR GAMBOA

ASESORA:

MSc. ROSA AMPARO BECERRA PAUCAR

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, Fredy y Justina, quiénes son mis guías y propician mi crecimiento como persona, porque siempre me apoyaron de forma incondicional para llegar a ser un profesional.

A mis hermanos y familiares que siempre me acompañaron en este camino brindándome su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A Dios,

A los docentes UNI – FIA que me brindaron sus conocimientos,

A la MSc. Amparo Becerra,

A los compañeros de trabajo de la unidad minera que me apoyaron en realizar este trabajo.

RESUMEN

Los trabajadores de minas de oro están expuestos a diferentes agentes químicos derivados de las operaciones de extracción del mineral y de su procesamiento, entre los más perjudiciales se podría considerar al vapor de mercurio producto de los procesos para la obtención del oro. El estudio analiza la influencia favorable de las medidas de control establecidas para la reducción de la exposición laboral a vapor de mercurio en Planta ADR y Refinería de una mina de oro ubicada en la sierra sur del Perú, a raíz de la problemática por casos de sobreexposición.

El análisis demuestra una importante reducción de los valores promedios mensuales de la concentración de vapor de mercurio en el ambiente de trabajo, que fueron medidos con el equipo de lectura directa Jerome 431-X, en Refinería el promedio más alto fue de 0.1384 mg/m^3 y el menor fue de 0.0072 mg/m^3 , representando un 86.68% de reducción; en caso de ADR de un promedio máximo de 0.0505 mg/m^3 a un mínimo de 0.0042 mg/m^3 , reduciéndose en un 70.37%. También se analizan los resultados de las dosimetrías realizadas a los puestos de trabajo y "puestos efectivos" evidenciándose una importante reducción en los valores que en el caso más crítico para el "Hornero" el máximo reportado fue de 1.598 mg/m^3 y el mínimo de 0.029 mg/m^3 , representando un 98.18% de reducción. Así mismo, se evidencia que del seguimiento a los valores de los IBE para mercurio en orina de los trabajadores, se tuvieron 29 casos de sobreexposición y todos ellos lograron reducir los valores en sus indicadores hasta mantenerlos por debajo de los límites establecidos, uno de los casos más notables reportó un valor máximo de $94.97 \text{ } \mu\text{g/gCreat}$, luego estos valores fueron reduciendo progresivamente hasta mantenerse por debajo de $10 \text{ } \mu\text{g/gCreat}$ (valores normales). De esto se concluye que los controles influenciaron de forma positiva en la reducción de la exposición a vapor de mercurio. Este estudio también permitió identificar las actividades más críticas para la unidad minera en relación a la exposición a vapor de mercurio, que este caso son: cosecha de celdas electrolíticas, retorteo de cemento electrolítico y fundición de cemento electrolítico seco, esto se concluye por el análisis de las mediciones con el equipo de lectura directa y las dosimetrías realizadas durante dichas actividades.

ABSTRACT

Gold mining workers are exposed to different chemical agents derived from mineral extraction operations and their processing, among the most damaging could be considered the mercury vapor product of the processes for obtaining gold. The study analyzes the favorable influence of the control measures established for the reduction of occupational exposure to mercury vapor in ADR Plant and Refinery of a gold mine located in the southern highlands of Peru, following the problem of cases of overexposure.

The analysis shows a significant reduction in the monthly average values of mercury vapor concentration in the work environment, which were measured with the Jerome 431-X direct reading equipment, in Refinery the highest average was 0.1384 mg/m³ and the lowest was 0.0072 mg/m³, representing an 86.68% reduction; in the case of ADR from a maximum average of 0.0505 mg/m³ to a minimum of 0.0042 mg/m³, being reduced by 70.37%. The results of the dosimetries made to the jobs and "effective positions" are also analyzed, showing an important reduction in the values that in the most critical case for the "Hornero" the maximum reported was 1,598 mg/m³ and the minimum of 0.029 mg/m³, representing a 98.18% reduction. Likewise, it is evident that from the follow-up to the values of the IBE for mercury in urine of the workers, there were 29 cases of overexposure and all of them managed to reduce the values in their indicators until they were kept below the established limits, one of the Most notable cases reported a maximum value of 94.97 µg/gCreat, then these values were progressively reduced to remain below 10 µg / gCreat (normal values). This concludes that controls positively influenced the reduction of exposure to mercury vapor.

This study also allowed to identify the most critical activities for the mining unit in relation to exposure to mercury vapor, which this case is: harvest of electrolytic cells, retorting of electrolytic cement and smelting of dry electrolytic cement, this is concluded by the analysis of measurements with direct reading equipment and dosimetry performed during these activities.

INDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
1. CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	4
1.3. Planteamiento del problema	4
1.4. Hipótesis y variables.....	5
1.4.1. Hipótesis.....	5
1.4.2. Variables	5
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivo general	6
1.5.2. Objetivos específicos.....	6
2. CAPITULO II. FUNDAMENTO TEÓRICO	7
2.1. Mercurio.....	7
2.1.1. Ciclo natural del mercurio	7
2.1.2. Fuentes y dinámica del mercurio en el ambiente.....	9
2.1.3. Etiología.....	10
2.1.4. Formas de mercurio	10
2.1.5. Compuestos de mercurio y fuentes de exposición	11
2.1.6. Toxicidad del mercurio.....	12
2.1.7. Toxicocinética del mercurio.....	13
2.1.8. Toxicodinámica del mercurio	17
2.1.9. Efectos del mercurio sobre la salud humana.....	18
2.2. Valores Límites Umbrales (TLV) según definición de la ACGIH.....	23
2.3. Límites de desviación	24
2.4. Ajuste del TLV – TWA según el modelo OSHA	24
2.5. Determinación de la dosis	25
2.6. Índice Biológico de Exposición (iBE)	26
2.7. Planta ADR (adsorción, desorción y reactivación térmica).....	28
3. CAPITULO III. MARCO LEGAL.....	29

4. CAPITULO IV. INFORMACIÓN LABORAL.....	31
4.1. Aspecto geológico - geográfico.....	31
4.2. Aspecto epidemiológico	32
4.3. Aspecto operacional	32
4.3.1. Perforación y Voladura.....	32
4.3.2. Carguío y acarreo de mineral.....	33
4.3.3. Chancado	33
4.3.4. Proceso productivo del oro.....	33
4.3.5. Cianuración.....	37
5. CAPITULO V. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	38
5.1. Selección del método de estudio.....	38
5.2. Población y selección de la muestra.....	39
5.3. Diagnóstico de la situación actual por exposición a vapores de mercurio	40
5.3.1. Fuentes de exposición.....	40
5.3.2. Análisis de resultados IBE de mercurio en orina	45
5.3.3. Puestos de trabajo expuestos a vapor de mercurio	48
5.3.4. Actividades realizadas en los puestos de trabajo con mayor exposición a vapor de mercurio.....	49
5.3.5. Tiempos de exposición	55
5.3.6. Niveles de producción de Mercurio en Planta ADR.....	55
5.3.7. Acciones correctivas implementadas	56
5.3.8. Conclusiones del diagnóstico	57
5.4. Medidas de control para reducir la exposición a vapor de mercurio	58
5.4.1. Reporte diario IBE para mercurio en orina y seguimiento al proceso evolutivo del personal.....	58
5.4.2. Identificación de hábitos más críticos en los trabajadores y de condiciones que implican una mayor exposición a vapores de mercurio	60
5.4.3. Realización de dosimetrías para medir concentraciones de vapor de mercurio (evaluación del nivel de riesgo)	61
5.4.4. Realización de pruebas de sellado de respiradores cuantitativa Portacount	64
5.4.5. Establecimiento de medidas de control para personal durante el desarrollo de actividades críticas (cosecha, retorta y fundición)	68

5.4.6.	Implementación de instructivo de vigilancia médica para trabajadores expuestos a vapores de mercurio	70
5.4.7.	Capacitación en uso adecuado de protección respiratoria.....	73
6.	CAPITULO VI. RESULTADOS DEL ESTUDIO.....	75
6.1.	Fuentes de exposición identificadas	75
6.2.	Análisis de resultados de monitoreos con equipo de lectura directa 77	
6.3.	Análisis de hábitos laborales más críticos y condiciones durante las actividades de cosecha, retorta y fundición	83
6.4.	Cantidad de trabajadores evaluados de acuerdo al IBE.....	88
6.5.	Cantidad de casos por mes de IBE por encima del límite máximo permisible.....	91
6.6.	Evolución en los valores de los IBE para mercurio en orina	97
6.6.1.	Puestos de trabajo del área de Planta.....	98
6.6.2.	Puestos de trabajo del área de Mantenimiento.....	102
6.6.3.	Casos resaltantes por individuo	110
6.7.	Concentración de vapor de mercurio según dosimetrías realizadas en el año 2017	120
6.7.1.	Evolución en la concentración de vapor según dosimetrías por actividades realizadas en Refinería	140
6.7.2.	Evolución en la concentración de vapor según dosimetrías por actividades realizadas en ADR.....	148
6.7.3.	Dosimetrías realizadas en áreas de rotación	149
6.7.4.	Dosimetrías realizadas a trabajadores del área de Mantenimiento	152
6.8.	Comparativo de la evolución de mercurio en ambiente versus IBE 153	
6.9.	Resultados de pruebas de sellado de respiradores Portacount...	155
7.	CAPITULO VIII. DISCUSION.....	157
8.	CAPITULO VII. CONCLUSIONES.....	159
8.1.	Conclusiones del diagnóstico	159
8.2.	De los controles aplicados	162
9.	CAPITULO IX. RECOMENDACIONES.....	174
9.1.	Controles de ingeniería	174
9.2.	Controles de administrativos.....	175
9.3.	Equipos de protección personal.....	175

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	176
11. ANEXOS.....	177

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formas de mercurio y sus fuentes de exposición	11
Tabla 2. Efectos agudos por inhalación de vapores de mercurio	19
Tabla 3. Síntomas de la intoxicación aguda por sales de mercurio	20
Tabla 4. Efectos de la intoxicación crónica con vapores de mercurio.....	22
Tabla 5. Síntomas de la intoxicación aguda por metilmercurio.....	22
Tabla 6. Especificaciones técnicas del equipo de monitoreo Jerome 431-X.....	41
Tabla 7. Puntos de monitoreo diario de vapor de mercurio en el aire.....	41
Tabla 8. Resultados IBE para mercurio en orina, año 2015	45
Tabla 9. Resultados IBE para mercurio en orina, año 2016	47
Tabla 10. Actividades que implican exposición a vapor de mercurio en Planta ADR	49
Tabla 11. Actividades para el puesto de Soldador que implican exposición a vapor de mercurio en Planta ADR	52
Tabla 12. Actividades para el puesto de Mecánico de Producción que implican exposición a vapor de mercurio en Planta ADR.....	53
Tabla 13. Actividades para el puesto de Técnico Mecánico que implican exposición a vapor de mercurio en Planta ADR.....	53
Tabla 14. Actividades para el puesto de Técnico Electricista que implican exposición a vapor de mercurio en Planta ADR.....	54
Tabla 15. Producción anual de mercurio	56
Tabla 16. Primeras acciones a tomar de acuerdo al reporte IBE para Hg en orina	59
Tabla 17. Cálculo del TLV – TWA corregido de acuerdo al modelo OSHA.....	62
Tabla 18. Criterios para la determinación del nivel de riesgo	62
Tabla 19. Ejercicios para validación de pruebas de sellado Portacount	67
Tabla 20. Criterios para la determinación del nivel de riesgo	75
Tabla 21. Concentración mensual de vapor de mercurio por punto de monitoreo (Año 2016)	76
Tabla 22. Concentración mensual de vapor de mercurio por punto de monitoreo (Año 2017)	78
Tabla 23. Concentración promedio anual de vapor de mercurio por punto de monitoreo	79
Tabla 24. Promedio mensual de concentración de vapor de mercurio con equipo de lectura directa Jerome en Refinería y ADR.....	80
Tabla 25. Máximo mensual de concentración de vapor de mercurio con equipo de lectura directa Jerome en Refinería y ADR.....	82
Tabla 26. Hábitos más críticos de los trabajadores durante las actividades de cosecha, retorta y fundición, y acciones correctivas	84

Tabla 27. Condiciones más críticas durante las actividades de cosecha, retorta y fundición, y acciones correctivas	86
Tabla 28. Cantidad de trabajadores evaluados del área de Planta - Año 2015 .	88
Tabla 29. Cantidad de trabajadores evaluados del área de Mantenimiento - Año 2015	88
Tabla 30. Cantidad de trabajadores evaluados del área de Planta - Año 2016 .	89
Tabla 31. Cantidad de trabajadores evaluados del área de Mantenimiento - Año 2016	89
Tabla 32. Cantidad de trabajadores evaluados del área de Planta - Año 2017 .	90
Tabla 33. Cantidad de trabajadores evaluados del área de Mantenimiento - Año 2017	90
Tabla 34. Cantidad de casos por área y por año	92
Tabla 35. Cantidad de casos por puesto de trabajo – Planta	94
Tabla 36. Cantidad de casos por puesto de trabajo – Mantenimiento	95
Tabla 37. Leyenda de gráficos evolutivos del IBE de los trabajadores	97
Tabla 38. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados - Enero	121
Tabla 39. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Enero	122
Tabla 40. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Enero	123
Tabla 41. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados – Marzo	125
Tabla 42. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Marzo	126
Tabla 43. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Marzo	126
Tabla 44. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados – Abril	127
Tabla 45. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Abril	128
Tabla 46. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Abril	129
Tabla 47. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados – Mayo	129
Tabla 48. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Mayo	130
Tabla 49. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Mayo	130
Tabla 50. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados – Julio	130
Tabla 51. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Julio	131
Tabla 52. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Julio	132
Tabla 53. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados – Agosto	134
Tabla 54. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Agosto	134
Tabla 55. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Agosto	135
Tabla 56. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados – Setiembre. .	137
Tabla 57. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Setiembre ..	138
Tabla 58. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Setiembre	139

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Evolución mensual de concentración de vapor de mercurio con equipo de lectura directa Jerome en Refinería y ADR.....	81
Gráfico 2. Máximo mensual de concentración de vapor de mercurio con equipo de lectura directa Jerome en Refinería y ADR.....	83
Gráfico 3. Porcentaje de trabajadores evaluados – Año 2015	89
Gráfico 4. Porcentaje de trabajadores evaluados – Año 2016	90
Gráfico 5. Porcentaje de trabajadores evaluados – Año 2017	91
Gráfico 6. Cantidad de casos por mes con IBE por encima del límite máximo permisible según norma nacional y el fijado en la unidad	91
Gráfico 7. Porcentaje de casos IBE por encima del límite máximo permisible – Año 2016.....	93
Gráfico 8. Porcentaje de casos IBE por encima del límite máximo permisible – Año 2017.....	93
Gráfico 9. Porcentaje de casos IBE por encima del límite máximo permisible por puesto de trabajo del área de Planta – Año 2016	94
Gráfico 10. Porcentaje de casos IBE por encima del límite máximo permisible por puesto de trabajo del área de Planta – Año 2017	94
Gráfico 11. Porcentaje de casos IBE por encima del límite máximo permisible por puesto de trabajo del área de Mantenimiento – Año 2016.....	95
Gráfico 12. Porcentaje de casos IBE por encima del límite máximo permisible por puesto de trabajo del área de Mantenimiento – Año 2017.....	96
Gráfico 13. Porcentaje de trabajadores con IBE por encima del límite permisible respecto del total de evaluados	96
Gráfico 14. Evolución IBE promedio – Operador Multifuncional de Planta.....	99
Gráfico 15. Evolución IBE promedio – Técnico Multifuncional de Planta	101
Gráfico 16. Evolución IBE promedio – Mecánico de Producción	103
Gráfico 17. Evolución IBE promedio – Soldador	105
Gráfico 18. Evolución IBE promedio – Técnico Electricista.....	107
Gráfico 19. Evolución IBE promedio – Técnico Mecánico.....	109
Gráfico 20. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 1.....	111
Gráfico 21. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 2.....	112
Gráfico 22. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 3.....	113
Gráfico 23. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 4.....	114
Gráfico 24. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 5.....	115
Gráfico 25. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 6.....	116
Gráfico 26. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 7.....	117
Gráfico 27. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 8.....	118
Gráfico 28. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 9.....	119
Gráfico 29. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 10.....	120
Gráfico 30. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Hornero	142
Gráfico 31. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Ayudante de hornero.....	143
Gráfico 32. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Basculador	144
Gráfico 33. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Lavador de barras	145

Gráfico 34. Eviución de la exposición a vapor de mercurio – Lingotero	146
Gráfico 35. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Cosecha de celdas electrolíticas	147
Gráfico 36. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Retorta de cemento electrolítico.....	148
Gráfico 37. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Actividades en ADR	149
Gráfico 38. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Actividades en Chancado.....	150
Gráfico 39. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Actividades en Lixiviación.....	151
Gráfico 40. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Mecánico de Producción	152
Gráfico 41. Comparativo de vapor de Hg versus IBE – Operador Multifuncional de Planta.....	154
Gráfico 42. Comparativo de vapor de Hg versus IBE – Técnico Multifuncional de Planta.....	155
Gráfico 43. Cantidad de pruebas realizadas por tipo de respirador	156
Gráfico 44. Cantidad de pruebas realizadas por tipo de respirador	156

1. CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Fabricio Monteagudo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2002. Desarrolla el trabajo de Grado: “Evaluación de la Contaminación por Mercurio en Población de Mineros Artesanales de Oro de la Comunidad de Santa Filomena – Ayacucho – Perú durante el Periodo Agosto 2000 – Septiembre 2001”. Trabajo donde se evalúa la exposición a mercurio a 31 individuos de una población de 320 habitantes, en el que utilizan el proceso de amalgamación para obtener oro. La quema de la amalgama libera el mercurio en forma de vapor lo que produce la contaminación de los mineros artesanales. Para evaluarlos se tomó muestras de orina de 24 horas, cuyos resultados fueron comparados para un límite máximo permisible de 40 ug Hg/L de orina. De lo cual se concluye que el 67.74% de la población evaluada tiene resultados entre 40 a 90 ugHg/L de orina. Los adultos de entre 24 a 34 años son el grupo más expuesto (38.71% de la población).

Yhinny Villalobos, Universidad Nacional Experimental de Guayana, 2012. Desarrolla el trabajo de Grado: “Exposición al Mercurio en Compradores de Oro en el Municipio Autónomo de El Callao en el Estado de Bolívar”. Se analiza a 100 individuos elegidos al azar cuya actividad comercial principal lo constituye la exploración, explotación y comercialización de oro; se analiza historia clínica ocupacional, observación y cuestionario SF-36 (calidad de vida relacionada con la salud). Se determina niveles de Hg en sangre por espectrofotometría de absorción atómica. De los resultados, la mayor exposición se da por inhalación durante la quema de la amalgama superando los valores límites de exposición. Se demuestra que en aquellos trabajadores con elevadas concentraciones de Hg en sangre, la calidad de vida era mucho menor. El principal factor que contribuye a la intoxicación por Hg es durante la quema de amalgama con una frecuencia del 25%. Se determinó valores de Hg en sangre por encima del límite permisible (10 ug/L orina), con un pico de 22 ug/L orina. También

se evidenció que los trabajadores no cuentan con medidas de Higiene y Seguridad Ocupacional lo cual contribuye a una mayor exposición al Hg.

José López, Universidad Complutense de Madrid, 2003. Desarrolla el trabajo de Grado: “Determinación de Mercurio como Contaminante Laboral”. El estudio se llevó a cabo en Madrid, España, trabajándose con cuatro grupos de trabajadores expuestos a mercurio elemental auxiliares de odontología (24 individuos), dentistas (30 individuos), laboratoristas (14 individuos) y clorocaústicas (54 individuos), frente a un grupo de control (personas no expuestas laboralmente, 186 individuos), se usó un cuestionario para este estudio y toma de muestras de orina puntuales y sangre por venopunción, cuyos resultados promedio en sangre son: grupo control 7.4 ug/L, dentistas 9.6 ug/L, auxiliares de odontología 7.1 ug/L, laboratorio 6.1 ug/L y clorocaústicas 14.4 ug/L; en orina: grupo control 2.0 ug/gCreat, dentistas 3.9 ug/gCreat, auxiliares de odontología 1.9 ug/gCreat, laboratorio 2.4 ug/gCreat y clorocaústicas 19.4 ug/gCreat. De estos resultados se concluye que las personas laboralmente no expuestas tienen niveles de Hg en sangre más elevados respecto de otros países de Europa debido al consumo de pescados y mariscos; el grupo laboral de mayor exposición es de los clorocaústicas debido a que durante el proceso de catálisis en el cual se libera vapor de Hg de los electrodos; y de baja exposición los dentistas debido a que se encuentran expuestos al vapor de Hg por su tipo de trabajo y no por una contaminación en el ambiente laboral.

Armida Arrázola, Universidad Nacional de Colombia, 2011. Desarrolla el trabajo de Grado: “Determinación de los Niveles de Mercurio en el Aire de Consultorios y Clínicas Odontológicas en Cartagena Colombia”. Trabajo en el cual se analizan 65 clínicas de la ciudad de Cartagena en un periodo de seis meses. En este estudio se usa el equipo portátil Lumex RA 915 que analiza mercurio por absorción de la radiación de resonancia de los átomos de Hg de manera continua. Se determinan vapores de Hg ambiental, en la escupidera y mesón de trabajo de los consultorios. Como valor límite de Hg en el ambiente se toma como referencia el de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

(EPA) con un valor límite de 300 ng/m^3 . Los resultados obtenidos se concluye que el 49% de los consultorios presentan valores por debajo del límite establecido con un promedio de 135 ng/m^3 ; el otro 51% de consultorios presentan valores por encima del límite con un promedio de 2206 ng/m^3 , lo cual muestra una alta probabilidad de que la salud de odontólogos, auxiliares y pacientes esté siendo afectada por la exposición a vapor de Hg.

Claudia Jara, Universidad de Chile, 2007. Desarrolla el trabajo de Grado: “Elementos Base para la Gestión Ambiental del Mercurio en Chile”. En este estudio se analizan las principales fuentes de liberación de mercurio, principalmente antropogénicas en las diferentes regiones de Chile, la recopilación y análisis de la información muestra que la pequeña minería es el sector con mayor consumo de mercurio a través de la recuperación del oro por amalgamación presentando un manejo inadecuado del Hg desde su obtención, manipulación, hasta su disposición final; mientras que las fuentes naturales se posee en un alto contenido de Hg en suelos, costas y sedimentos marinos. De este trabajo se concluye que servirá como base para la ejecución e implementación del “Programa Nacional de Gestión Ambiental de Mercurio en Chile” para lo cual se plantean ciertas consideraciones para el manejo ambiental del mercurio en Chile cuyas herramientas de gestión propuestas son la de fomentar a sustitución de productos de mercurio por otros libres de la aplicación del metal; la gestión adecuada de desechos con mercurio utilizando una herramienta elaborada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) que tiene una herramienta con medidas para la prevención y control de los desechos con contenido de Hg; manejo del mercurio en la pequeña minería planteando precauciones al momento de la amalgamación como son el uso de concentradores gravitacionales, retortas, trampas de mercurio y reactivación de Hg para su reutilización.

1.2. Justificación

El Perú es un país cuya principal fuente de ingresos económicos es la minería, uno de los principales minerales que se extrae es el oro, siendo el país que se encuentra en el sexto puesto en producción de oro a nivel mundial, posee el 5% de las reservas mundiales estimadas en 2.7 millones de toneladas, esto significa que contribuye en gran medida al crecimiento económico de nuestro país. Sin embargo, durante la extracción y posterior procesamiento de este metal, puede liberarse mercurio en forma de vapor, contaminando el ambiente laboral y en consecuencia afectando la salud de los trabajadores que están expuestos durante el desarrollo de estas actividades.

El mercurio en su forma de vapor es un agente químico tóxico para el ser humano, que en una exposición a concentraciones elevadas puede resultar mortal y que en concentraciones relativamente bajas también puede causar daños serios a la salud humana por una exposición continua en el tiempo, afectando principalmente al sistema nervioso central en el desarrollo neurológico, a la funcionalidad de órganos como son el riñón y el hígado, entre otros efectos.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, la ejecución de este estudio nos permitirá conocer la influencia de las medidas de control establecidas para reducir la exposición laboral a vapor de mercurio en Planta ADR y refinería de una mina de oro.

1.3. Planteamiento del problema

En la mina de oro estudiada, existen muchos factores de riesgos higiénicos en los procesos desarrollados en Planta ADR y Refinería, siendo el vapor de mercurio el principal riesgo para la salud.

Bajo este contexto se formula la siguiente pregunta: ¿Las medidas de control para reducir la exposición laboral a vapor de mercurio en Planta ADR y Refinería de una mina de oro, influenciarán en la reducción del nivel de exposición?

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis

Las medidas de control para reducir la exposición laboral a vapor de mercurio en Planta ADR y Refinería de una mina de oro, influenciarán reduciendo el nivel de exposición.

1.4.2. Variables

Variable independiente

- Influencia de las medidas de control.

Variable dependiente

- Reducir la exposición laboral a vapor de mercurio en Planta ADR y Refinería de una mina de oro.

Variables intervinientes

- Temperatura ambiental durante la estación de invierno.
- Rotación de puesto de trabajo.
- Tiempo de exposición durante actividades críticas.
- Fallas en los equipos durante los procesos y en el desarrollo de actividades críticas.
- Paradas de chancado por mantenimiento.
- Tratamiento del mineral por presencia de finos o gruesos.

- Escases de agua durante estación seca.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Conocer la influencia de las medidas de control para reducir la exposición laboral a vapor de mercurio en Planta ADR y Refinería de una mina de oro.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar las principales fuentes emisoras de vapor de mercurio que se encuentran en la operación minera durante el procesamiento del metal (en Planta ADR y Refinería).
- Realizar un diagnóstico de la situación actual por exposición laboral a vapor de mercurio en las actividades desarrolladas en Planta ADR y Refinería.
- Determinar la concentración de vapor de mercurio en el aire en las diferentes áreas involucradas en el proceso productivo, utilizando un equipo de lectura directa.
- Mediante dosimetrías, evaluar el nivel de riesgo por exposición a vapor de mercurio al cual se encuentran los trabajadores,
- Conocer la población de trabajadores que superan el límite máximo permisible para mercurio elemental según el indicador biológico de exposición (IBE) para mercurio en orina y a partir de este determinar grupos de exposición.

Establecer medidas de control para reducir la exposición laboral a vapor de mercurio.

2. CAPITULO II. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Mercurio

El Mercurio es un elemento que está presente en forma natural en la corteza de la Tierra en la que se lo encuentra comúnmente como sulfuro (Cinabrio – HgS, más de 80% de Mercurio), con frecuencia como rojo de cinabrio y con menos abundancia como metalcinabrio negro.

Es frecuente que los minerales o sales de mercurio contengan pequeñas gotas de mercurio metálico.

El Cinabrio es un mineral de génesis hidrotermal a temperatura muy baja, que se forma junto a rocas volcánicas y fuentes cálidas. Formado hace más de 400 millones de años, se encuentra en filones, ilustraciones o impregnaciones en rocas de distintos tipos, siempre relacionadas con manifestaciones volcánicas.

El Cinabrio es la principal mena de mercurio y aparece impregnada de areniscas, pizarras y dolomitas. La recuperación de Hg desde el Cinabrio se logra por calentamiento de la masa y posterior condensación de los vapores: $\text{HgS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hg} + \text{SO}_2$. Zinc, estaño, arsénico – que suelen ser impurezas frecuentes – se extraen posteriormente con compuestos nitrosos para obtener Mercurio en estado más puro. Está también presente como sublimado en los cráteres activos y como depósito químico de las fuentes hidrotermales probablemente alcalinas.

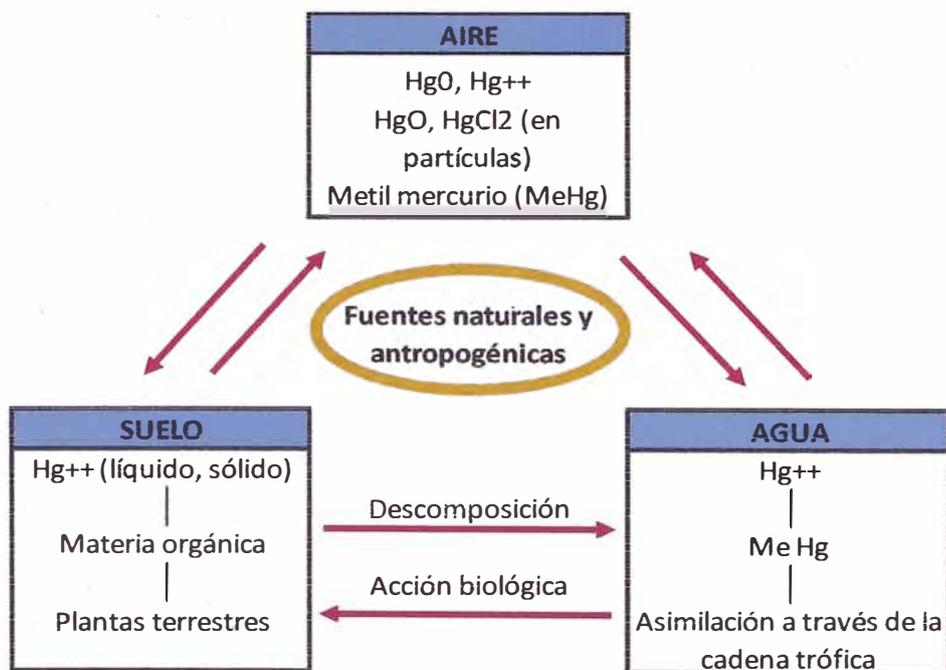
2.1.1. Ciclo natural del mercurio

El mercurio presenta un ciclo en la naturaleza, conforme al cual fluye en diversas formas químicas a través de los ambientes terrestre, aéreo y acuático, cuyas concentraciones en los diferentes ambientes puede fluctuar debido a los siguientes factores: la velocidad de las corrientes de aire, cercanía de zonas mineras ricas en mercurio y cercanía de zonas

industriales que liberen al ambiente desechos gaseosos o líquidos derivados del mercurio.

En el medio aéreo, el mercurio puede existir en diversas formas químicas, ya sea en forma gaseosa y/o vapor, incluso adherido a partículas que proviene de emanaciones naturales o antropogénicas. Parte del metal que se encuentra en el aire, pasa a las fuentes de agua y al suelo a través de la precipitación y solubilización, producto de este proceso es que los niveles de concentración de mercurio aumentan en estos ambientes. En la siguiente ilustración se muestra el ciclo natural que sigue el mercurio.

Ilustración 1. Esquema del ciclo natural del mercurio



Del esquema anterior, el mercurio se volatiliza en el aire como Hg_0 y en la atmósfera el ozono (O_3) oxida el Hg_0 a Hg^{++} , el cual puede hidrolizarse o formar complejos; el cual puede ser asimilado más fácilmente por los organismos. El mercurio, ya sea en forma de vapor o en forma de partículas, puede ser depositado hasta 180 km de distancia de la fuente de emisión, ya sea en el aire, en sedimentos, o bien, puede llegar a depósitos

naturales de agua, en donde es captado por peces y de esta manera se incorpora a la cadena trófica.

En el agua, el mercurio se encuentra principalmente en forma inorgánica, la cual puede pasar a compuestos orgánicos por acción de los microorganismos presentes en los sedimentos. De estos, puede pasar al plancton, algas y sucesivamente, a los organismos de niveles tróficos superiores como los peces, aves rapaces, animales terrestres e incluso al hombre. Una parte de metal que se encuentra disuelto puede evaporarse y entrar al aire, y otra pasar a los suelos, si el agua contaminada es utilizada para el riego.

En los suelos, el mercurio se encuentra principalmente en forma inorgánica, puede formar parte de la materia orgánica y ser incorporada a las plantas por absorción a través de las raíces. Del suelo, una parte del mercurio puede evaporarse al ambiente, biomagnificarse a través de la cadena trófica o ser arrastrado a los océanos, a través de los mantos freáticos, con lo que se cierra el ciclo del mercurio en la naturaleza.

2.1.2. Fuentes y dinámica del mercurio en el ambiente

La mayor fuente de liberación de mercurio al ambiente es la desgasificación natural de la corteza terrestre a través de las emisiones volcánicas, y en menor medida, por la erosión de las rocas y la evaporación desde los cuerpos de agua. Sin embargo, a causa de los múltiples usos, las liberaciones antropogénicas de mercurio, están por exceder a las de las fuentes naturales, se calcula que la liberación natural está entre las 25 000 y 150 000 toneladas por año y que producto de las actividades se liberan por año 20 000 toneladas de mercurio. Las principales fuentes antropogénicas provienen de actividades relacionadas con:

- Extracción de recursos naturales, recuperación de metales preciosos, yacimientos petrolíferos y carboníferos, muchos de los cuales presentan compuestos de mercurio como impurezas, minas de Cinabrio.

- Centrales termoeléctricas y combustión de derivados del petróleo y del carbón.
- Efluentes y emisiones de industrias (Clorosoda, farmacéutica, manufacturera, plaguicidas) y de servicios en unidades médicas y odontológicas a partir de prácticas o accidentes (los residuos líquidos no tratados de la práctica odontológica, se ha calculado como en un tercio del volumen total de mercurio volcado a la red de drenaje urbano de agua)
- Desechos y disposición de residuos en procesos de incineración de residuos, especialmente de origen médico; disposición de pilas, lámparas, termómetros, equipo obsoleto descartado, etc.

2.1.3. Etiología

Es un metal líquido de color plateado, cuyo símbolo en la tabla periódica es "Hg". Tiene un peso molecular de 200.59 g/mol, su temperatura de ebullición es de 356.90 °C y su temperatura de solidificación es de – 38.87 °C; posee una densidad de 13.55 g/cm³, una presión de vapor de 0.0018 mmHg a 25 °C, cuya densidad de vapor es de 7 g/cm³, su tensión superficial es de 480.3 din/cm³ lo que hace que se formen pequeñas gotas cuando se derrama sobre una superficie. Otras características cualitativas es que se evapora fácilmente, es insoluble e inodora.

2.1.4. Formas de mercurio

Este puede encontrarse en diferentes formas que puede clasificarse como mercurio metálico o elemental, mercurio orgánico y mercurio inorgánico o sales de mercurio.

Mercurio metálico o elemental (Hg⁰), también conocido como azogue en el argot popular, se encuentra en estado líquido y es utilizada principalmente en la extracción de oro, en termómetros y en amalgamas dentales.

Mercurio orgánico, son aquellos que contienen enlaces covalentes entre el carbono y el metal, formados por intervención de procesos enzimáticos en sistemas biológicos. Ejemplos son el metilmercurio que surge a partir de la metilación del mercurio mercúrico (Hg^{++}), el dimetilmercurio, el cloruro de metilmercurio y el fenilacetato de mercurio, generalmente se utilizan como fungicidas y antisépticos.

Mercurio inorgánico o sales de mercurio, surgen a partir de sus formas catiónicas mono (mercurio mercurioso Hg^+) y divalente (mercurio mercúrico Hg^{++}) que se unen a átomos de cloro (Cl), nitrógeno (N), oxígeno (O) y azufre (S). Los principales por magnitud de dispersión, uso o propiedades toxicológicas, son sales (cloruro, nitrato, sulfuro y acetato de mercurio) y óxidos de mercurio.

2.1.5. Compuestos de mercurio y fuentes de exposición

Tabla 1. Formas de mercurio y sus fuentes de exposición

Compuestos de mercurio			Fuentes de exposición
Mercurio elemental (Hg^0)			Producción de plata y oro, barómetros, baterías, derivados de Bronce, amalgamas dentales, fluorescentes, termómetros, pinturas, lámparas de neón, etc.
Compuestos orgánicos	Derivados alquílicos	Metilmercurio (CH_3Hg) Etilmercurio (C_2H_5Hg) Isopropinilmercurio	Antisépticos, fungicidas, vacunas, agentes embalsamadores, industria agraria, agentes germicidas, insecticidas, productos de limpieza, industria del papel, preservantes de semilla, preservantes de papel, etc.
	Derivados arílicos	Fenilmercurio (C_6H_5Hg) P-tolilmercurio ($CH_3C_6H_4Hg$)	
	Derivados alcoxiarílicos	Metoxietilmercurio ($CH_3OC_2H_4Hg$) Etoxietilmercurio ($C_2H_5OC_2H_4Hg$)	
Compuestos inorgánicos	Formados por la unión con Cl, N, O y S	Cloruro mercurioso ($HgCl$) Cloruro mercúrico ($HgCl_2$) Oxido mercúrico (HgO) Sulfuro mercúrico (HgS)	Producción de acetaldehído, cosméticos, electrodos, desinfectantes, explosivos, procesamiento de piel y sombreros, industria de tinta, platería,

Compuestos de mercurio			Fuentes de exposición
		Sulfato de mercurio (HgSO ₄) Nitrato de mercurio (Hg(NO ₃) ₂) Cianato de mercurio (Hg(CNO) ₂)	industria de perfume, producción de vinilos, etc.

2.1.6. Toxicidad del mercurio

“La toxicidad del mercurio es conocida desde la antigüedad por Hipócrates y Galeno. Ellenberg fue uno de los primeros en describir los efectos tóxicos de sus vapores como riesgo laboral en su escrito Ellenberg en Von der Grifftigen Bensen Terupffen von Reichen der metal (1473). Posteriormente, escritos como los de Paracelso (1533) y los de B. Ramazzini -en De Morbis Artificium Diatriba (1700)- describen el cuadro clínico de intoxicación ocupacional. Los incas usaron como pintura el cinabrio, mineral del que se extrae el mercurio; lo llamaron llampi. No existe unanimidad en cuanto al umbral medio de toxicidad humana; la investigación actual en salud ha establecido los límites de toxicidad del mercurio entre 50 y 160 µg/día.” (Augusto Ramírez, 2008, p.46)

La toxicidad del mercurio se encuentra directamente relacionada a su unión covalente con los grupos sulfhidrilos (SH). El mercurio también tiene alta afinidad a los grupos carboxilos, amidas, aminas y fosforilos, lo que contribuye a su toxicidad.

A nivel de la membrana citoplasmática esta posee grupos sulfhidrilos que son esenciales para las propiedades normales de permeabilidad y transporte de la membrana celular, estos grupos SH tienen una elevadísima afinidad por el mercurio.

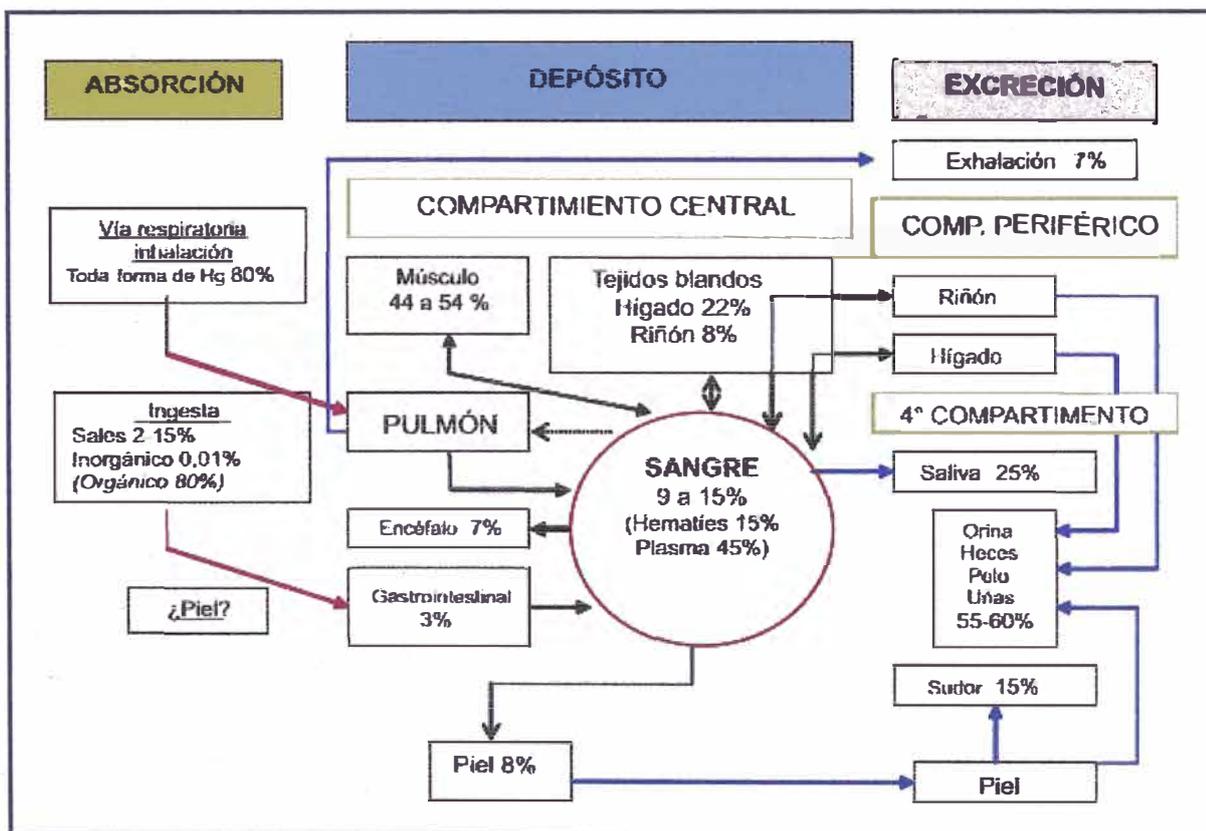
Los compuestos orgánicos de mercurio son capaces de inhibir la síntesis de proteínas, esto se debe a alteraciones del ARN de transferencia, lo que podría explicar las aberraciones cromosómicas y anomalías congénitas

observadas durante las intoxicaciones alimentarias con metilmercurio, asimismo afecta la homeostasis del ión calcio, incluso en exposiciones a corto plazo (menores a 24 horas) produciendo muerte neuronal.

2.1.7. Toxicocinética del mercurio

La toxicocinética del mercurio se puede representar a través del siguiente diagrama de flujo que nos permite ver el proceso que ocurre en el ser humano, desde la exposición al mercurio ingresando por las diferentes vías de exposición, hasta su eliminación o excreción.

Ilustración 2. Modelo toxicocinético del mercurio



Fuente: Intoxicación Ocupacional por Mercurio, Augusto Ramírez (2008).

A continuación se describe el diagrama de flujo de la ilustración 2:

a) Absorción

El mercurio puede ingresar al organismo humano a través de las siguientes vías: inhalatoria, oral y dérmica. Según el tipo de compuesto se tiene la siguiente descripción por vías de exposición:

Vía Inhalatoria: esta es la vía de exposición más frecuente e importante a nivel ocupacional y en casos de emergencias por derrames. Se destaca la implicancia del mercurio elemental (Hg^0), el cual se transforma fácilmente de su estado líquido a vapor de mercurio; una vez inhalado difunde hasta un 80% al flujo sanguíneo. Aunque el mercurio elemental se acumula en cierto grado en los riñones, generalmente no produce daño renal.

Vía oral: los compuestos orgánicos de mercurio ingresan al organismo a través de alimentos, en promedio se absorben del 90 al 95% en el tracto gastrointestinal; los compuestos inorgánicos de mercurio se absorben entre 2 a 15% de la dosis ingerida acumulándose en el túbulo renal proximal, donde puede producir falla renal aguda. Cabe señalar que el mercurio elemental no tiene buena absorción por esta vía, siendo en menos del 0.1%.

Vía dérmica: en caso de contacto dérmico con este agente, los casos de intoxicación descritos, se debieron a la aplicación tópica de sustancias con metilmercurio. Sin embargo, para la exposición ocupacional esta no es una vía que juegue un papel importante, comparada con las otras. Incluso es más probable para el caso de aplicación de ungüentos que el agente ingrese al organismo por inhalación al aplicarla sobre la piel.

b) Transporte, distribución y depósito

Una vez absorbido el mercurio por cualquiera de las vías de exposición, "es transportado por la sangre en un ratio glóbulo rojo/plasma entre 1,5

a 3. Para sus sales inorgánicas, esta relación es menor: 0,4. En general, el 90% de los compuestos orgánicos se transporta en las células rojas, mientras que 50% del mercurio inorgánico es transportado unido a la albúmina. Como norma, a partir de la sangre su distribución en el organismo tiende a alcanzar un estado de equilibrio dinámico determinado por dosis, duración de la exposición, grado de oxidación, concentración de sus compuestos en la sangre, concentración en relación con grupos sulfhidrilos libres, afinidad con los componentes celulares y velocidad de asociación/disociación del complejo mercurio-proteína.

Sin embargo, cabe destacar su gran afinidad por el encéfalo, quizá porque la mayor parte del mercurio circulante va al cerebro, más que al hígado o riñón. En el encéfalo, tiene mayor afinidad por la sustancia gris que por la blanca. Los niveles más altos de mercurio son hallados en ciertos grupos neuronales del cerebelo, médula espinal, pedúnculos y mesencéfalo, aunque también se le ha detectado en epitelio de tiroides y páncreas, en células medulares de las glándulas adrenales, en espermatozoides, epidermis y cristalino.

Se estima que el contenido normal de mercurio en el organismo humano oscila entre 1 y 13 miligramos, del cual 10% es metilmercurio. Su distribución en el organismo es: músculo 44 a 54%, hígado 22%, riñón 9%, sangre 9 a 15%, piel 8%, cerebro 4 a 7% e intestino 3%." (Casarett y Doull's, 2001).

“La biotransformación del mercurio se realiza por cuatro vías:

Por oxidación del vapor de mercurio metálico a mercurio divalente: la oxidación, mediada por la hidrógeno peróxido-catalasa en los peroxisomas, determina el tiempo de permanencia del vapor inhalado (crucial para alcanzar sitios sensibles), al disminuir su liposolubilidad y por tanto su toxicidad, pero la tendencia a la bioacumulación aumenta cuando esta oxidación se realiza en los

tejidos. El mercurio tiene gran afinidad por los grupos -SH de las proteínas. Éstos son tan abundantes que solo le permiten una breve presencia en estado iónico. El mercurio se une también a grupos fosforilos, carboxilo, amida y amina.

Por reducción del mercurio divalente a mercurio metálico: la reducción es mediada el sistema xantina oxidasa. Se ha demostrado el proceso contrario en animales de experimentación (rata, ratón) y en humanos.

Por metilación del mercurio inorgánico: se ha demostrado la metilación de mercurio inorgánico en ratas, pero solo entre 0,05 y 0,26% de la dosis administrada. Se desconoce el lugar exacto de esta metilación, aunque se supone pueda ser el hígado. La metilación no ha sido demostrada en humanos.

- **Por conversión del metilmercurio en mercurio inorgánico:** en la exposición laboral crónica se conoce el proceso de biodesmetilación en varios tejidos. pero es en el hígado donde se realiza en mayor proporción.” (Friberg L, Nordberg G y Vouk VB, 1979).

c) Eliminación

“La eliminación del tóxico se realiza desde los compartimientos central, periférico y el “cuarto compartimiento”.

El compartimento central está formado por todos los órganos, menos riñón e hígado.

El compartimento periférico está constituido por el riñón, que acumula Hg por mayor tiempo y lo aclara muy lentamente, y por el hígado, que también lo acumula, pero por periodos cortos, pues lo aclara rápidamente. En este compartimento periférico se incluye los procesos

de filtración glomerular, secreción biliar y secreción por la mucosa intestinal.

El “cuarto compartimento” es el depósito per se y es el punto final antes de su excreción; lo integran orina, heces, pelo y uñas.

Si se considera al organismo humano un modelo mono-compartimental abierto, la vida media del mercurio en exposición aguda es de 1,3 días y en exposición ocupacional continua, 36,5 días. En exposición ocupacional, la vida media de los compuestos inorgánicos de mercurio es de 40 días.

La cantidad de mercurio excretada por vía renal/heces es entre 50 y 55% de la dosis total absorbida; por saliva equivale al 25% de la concentración sanguínea y al 10% de la urinaria; por sudor es 15%, suficiente para tenerla en cuenta en el balance global; y la vía respiratoria, por exhalación, interviene hasta con 7%.” (Augusto Ramirez, 2008, p.47).

2.1.8. Toxicodinámica del mercurio

“Los efectos tóxicos del mercurio elemental, inorgánico y orgánico, son debidos a que en su forma iónica no establece enlaces químicos.

Al revisar la acción sobre los sistemas enzimáticos, el mercurio es tóxico, porque precipita las proteínas sintetizadas por la célula, principalmente las neuronas, y porque inhibe los grupos sulfidrilos de varias enzimas esenciales.

En estado iónico, se fija a los grupos celulares ricos en radicales -SH, altera varios sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y su pared e inhibe la síntesis de proteínas en la mitocondria, afectando su función energética. En el riñón disminuye la actividad de las fosfatasas alcalinas de los túbulos proximales y altera el transporte de potasio y la ATP-asa en la membrana.

En el encéfalo, la neurona de cerebro y cerebelo es la parte más sensible. En el sistema enzimático, inhibe enzimas esenciales: catalasas plasmáticas, colinesterasa globular, glutathion-reductasa globular, glutathion-reductasa cerebral, galactoxidasa, dopa-decarboxilasa, monoaminoxidasa, glicero fosfatasa, succino-deshidrogenasa, di y trifosfo-piridín-nucleótido. Por todo esto, el mercurio puede causar lesión celular en cualquier tejido donde se acumule en concentración suficiente.” (Augusto Ramirez, 2008, p. 48).

“En varios órganos, incluido el riñón, y al igual que cadmio, cobre y zinc, el mercurio induce la formación de metalotioneína, un receptor proteico de peso molecular bajo, y se une a ella, saturando sus propios receptores. Cuando por la gran cantidad de tóxico presente la metalotioneína se forma en exceso, causa alteraciones orgánicas en el mismo sitio de su producción.” (Friberg L, Piscator G y Kjelistrom, 1974).

2.1.9. Efectos del mercurio sobre la salud humana

La severidad de los síntomas y enfermedades desarrolladas por la exposición a mercurio dependen en gran medida del tiempo de exposición, la concentración, la forma química del compuesto, la susceptibilidad de la persona, la exposición a otras sustancias químicas y la vía de exposición. Puede que se experimenten síntomas inmediatos (a corto plazo), que en toxicología se conocen como agudos, y se pueden experimentar síntomas a largo plazo, mejor conocidos como crónicos. Cabe precisar que el mercurio elemental y sus compuestos inorgánicos no tienen efectos cancerígenos ni teratogénicos a excepción de los compuestos orgánicos.

a) Efectos agudos

Mercurio elemental

La exposición a altas concentraciones de vapor de mercurio puede causar una intoxicación a corto plazo cuyos principales efectos se

centran en el sistema nervioso central (SNC), debido a que el mercurio elemental no iónico atraviesa la barrera hematoencefálica con más facilidad que las sales de mercurio. Los síntomas pueden comenzar con tos, presión en el pecho, dificultad para respirar y malestar estomacal. Puede incluir pérdida de la memoria, irritabilidad y temblores. Podría aparecer salpullido dentro de las 24 horas siguientes a la exposición. Eventualmente, se pudiera desarrollar una neumonía capaz de causar la muerte. Los efectos por inhalación de vapores de mercurio se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 2. Efectos agudos por inhalación de vapores de mercurio

Efectos agudos	Efectos agudos en el SNC
<ul style="list-style-type: none"> - Bronquitis. - Neumonitis intersticial. - Edema pulmonar. - Sabor metálico en la boca. - Aumento en la salivación. - Estomatitis. - Gingivitis. - Tos. - Dolor de pecho. - Diarrea. - Vómito. - Hemorragia 	<ul style="list-style-type: none"> - Temblor. - Parestecia. - Pérdida de memoria. - Hiperexitabilidad. - Eretismo. - Reducción en los reflejos.

Mercurio inorgánico

Si se ingieren compuestos de mercurio inorgánico, se podría experimentar náusea, vómitos, diarrea y daño severo a los riñones.

En una intoxicación aguda por sales de mercurio, ya sea de forma accidental o por cualquier otra, los síntomas se presentan en dos fases que se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Síntomas de la intoxicación aguda por sales de mercurio

Primera Fase	
<ul style="list-style-type: none"> - Ardor y dolor de pecho. - Oscurecimiento de las membranas de la mucosa bucal. - Dolor severo y necrosis gastrointestinal. - Vómito. - Dolor abdominal severo. - Diarrea. - Salivación 	<ul style="list-style-type: none"> - Taquicardia. - Pulso débil. - Palidez. - Ulceración. - Sangrado. - Conmoción. - Colapso circulatorio. - Muerte.
Segunda fase	
Estomatitis mercurial: <ul style="list-style-type: none"> - Glositis. - Gingivitis. - Pérdida de los dientes. - Necrosis mandibular. 	Necrosis del túbulo proximal: <ul style="list-style-type: none"> - Poliuria. - Albuminuria. - Cilindruria. - Hematuria. - Anuria. - Acidosis renal.

Mercurio orgánico

En términos generales de su toxicidad y de sus efectos adversos sobre la salud humana, el metilmercurio es la forma más representativa de mercurio orgánico. Los efectos del metilmercurio son básicamente neurotóxicos y genotóxicos.

En una intoxicación aguda causada por metilmercurio se presenta edema cerebral con destrucción masiva sobre la materia gris, lo que causa una atrofia total del cerebro y posteriormente la muerte.

b) Efectos crónicos

Mercurio elemental

Por lo general, los efectos crónicos ocurren cuando existe una exposición a concentraciones bajas por un periodo extendido de tiempo. La exposición a cualquier forma de mercurio en repetidas ocasiones o,

a veces, por un evento único de alta exposición, puede degenerar en la enfermedad crónica de envenenamiento por mercurio. Algunos síntomas más característicos de la enfermedad son:

- **Daños al sistema nervioso:** suelen padecer de temblor en las manos y, a veces, de la lengua y los párpados. Eventualmente estos temblores pueden degenerar y afectar el balance y el caminar.
- **Cambios mentales y del estado anímico:** las personas pueden irritarse, asustarse, deprimirse o excitarse fácilmente sin causa aparente. Esta enfermedad provoca que las personas se incomoden más ante cualquier crítica, pierdan la confianza en sí mismos, desarrollen apatía y melancolía. También pueden tener alucinaciones, pérdida de memoria y falta de concentración.

Efectos en los riñones: se sabe que el mercurio metálico y el metilmercurio son tóxicos para los riñones. Se observó daño renal después de la ingestión humana de formas orgánicas de mercurio a niveles de exposición que también causan efectos neurológicos. Los estudios con animales también indicaron toxicidad en los riñones inducida por el metilmercurio.

- **Problemas de las encías:** las encías se debilitan, puede aparecer una línea oscura en la encía, se pueden aflojar los dientes, se desarrolla sensibilidad y aumenta la producción de saliva.

En una intoxicación con vapores de mercurio, los primeros signos conocidos como “síndrome vegetativo asténico” o “micromercurialismo”, incluyen síntomas de neurastenia, temblor, hipertrofia de la tiroides, taquicardia, gingivitis, pulso débil, cambios hematológicos y eliminación de mercurio por la orina. Con un aumento en la exposición, los síntomas son más notorios y comienzan con temblor en todo el cuerpo, hasta llegar a espasmos crónicos de las extremidades. En el sistema nervioso

central (SNC) se producen efectos neurológicos y psiquiátricos, entre ellos, los que se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 4. Efectos de la intoxicación crónica con vapores de mercurio

Efectos sobre el SNC por intoxicación crónica a vapores de mercurio	
- Temblor.	- Fatiga.
- Excitabilidad.	- Debilidad.
- Irritabilidad.	- Pérdida de la memoria.
- Depresión	- Insomnio

Mercurio inorgánico

La exposición crónica a sales de mercurio ocasiona daño principalmente en el riñón, en el nivel del glomérulo, en donde se deposita y causa la proteinuria. Se ha determinado que la nefropatía consta de dos fases: una primera caracterizada por una glomerulonefritis, seguida de un aumento transitorio de complejos inmunológicos en la sangre.

Mercurio orgánico

Los principales síntomas clínicos de una intoxicación crónica por metilmercurio se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 5. Síntomas de la intoxicación crónica por metilmercurio

Efectos por intoxicación crónica por metilmercurio	
- Parestecia con sensación de entumecimiento y hormigueo en la boca, labios y extremidades.	- Pérdida de la visión.
- Ataxia.	- Pérdida de la audición.
- Dificultad en la articulación de las palabras.	- Pérdida de la memoria.
- Neurastenia.	- Cambios en la personalidad.
	- Depresión.
	- Insomnio.

2.2. Valores Límites Umbrales (TLV) según definición de la ACGIH

a) **TLV-TWA (Valor Límite Umbral – Media Ponderada en el Tiempo):** Es la concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada laboral normal de 8 horas al día y una semana laboral de 40 horas a la que pueden estar expuestos los trabajadores repetidamente día tras día, sin que presenten efectos adversos a la salud.

b) **TLV – STEL (Valor Límite Umbral – Límite de Exposición de Corta Duración):** Es la concentración a la que los trabajadores pueden estar expuestos no más de 15 minutos sin sufrir daños como irritación, daños crónicos y/o narcosis, en grado suficiente para aumentar la probabilidad de ocurrencia de accidentes laborales. Además, dichas exposiciones no deben repetirse más de 4 veces al día y con periodos de por lo menos 60 minutos entre exposiciones sucesivas, para exposiciones distintas a 15 minutos es recomendable antes analizar los efectos biológicos observados.

Para el caso de vapor de mercurio, no se cuenta con TLV - STEL, por lo que se tendrá en cuenta los parámetros de los “límites de desviación”.

c) **TLV – C (Valor Límite Umbral – Techo):** Es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento de la exposición durante el trabajo.

Para su valoración se admiten muestreos de 15 minutos, excepto para aquellas sustancias que pueden causar irritación inmediata con exposiciones muy cortas.

En el caso de vapor de mercurio, no se cuenta con TLV - C, por lo que se considera los criterios definidos en los “Límites de Desviación”.

2.3. Límites de desviación

Hay una gran cantidad de sustancias que tienen valores TLV – TWA que no disponen de suficientes datos toxicológicos para garantizar un valor TLV – STEL, sin embargo, se deben de controlar las desviaciones o variaciones por encima del valor TLV – TWA. La ACGIH recomienda lo siguiente:

“Las desviaciones en los niveles de exposición de los trabajadores, no deben de superar tres veces el valor TLV - TWA durante más de 30 minutos en una jornada de trabajo, no debiéndose sobrepasar, bajo ninguna circunstancia, cinco veces dicho valor. En cualquier caso, debe de respetarse el TLV - TWA fijado” (ACGIH, 2014).

2.4. Ajuste del TLV – TWA según el modelo OSHA

El modelo de ajuste OSHA clasifica a los agentes químicos en 6 categorías de la siguiente forma:

1A: Límite techo (Ceiling).

1B: Irritantes.

1C: Implica la reducción de la exposición tanto como sea tecnológicamente posible.

2: Toxicidad aguda.

3: Toxicidad acumulativa o crónica.

4: Toxicidad aguda y acumulativa.

Este modelo pretende asegurar que para las sustancias con efectos agudos y/o crónicos, la dosis diaria o semanal respectivamente no sea excedida circunstancialmente por exposiciones adicionales por jornadas laborales más prolongadas.

Este tipo de ajuste no se debe aplicar a ningún tipo de agente químico clasificado como 1A, 1B o 1C.

Para la categoría 2 (sustancias con vida media biológica menor de 12 horas), se debe aplicar un factor de corrección (Fc) al valor TLV – TWA, dividiendo el periodo de 8 horas entre el tiempo de la jornada laboral mayor a 8 horas. Se expresa de la siguiente forma:

$$F_c = 8 / h_d$$

Donde:

Fc: Factor de corrección para el TLV – TWA.

hd: Horas por día trabajados.

Para la categoría 3 (sustancias con vida media biológica mayor a 12 horas), se debe aplicar de la misma forma que para la categoría 2, pero tomando como base 40 horas semanales laboradas. Su expresión es la siguiente:

$$F_c = 40 / h_s$$

Donde:

Fc: Factor de corrección para el TLV – TWA.

hs: Horas por semana trabajadas.

2.5. Determinación de la dosis

Este parámetro compara la concentración media del contaminante (C) frente al valor límite (TLV - TWA), así como el tiempo de exposición (T) con la duración de una jornada laboral normal de 8 horas diarias correspondiente al tiempo para la que habitualmente viene definido el valor límite. Se expresa en porcentaje y corresponde a la expresión:

$$\%Dosis = C / (TLV - TWA) \times T / 8 \times 100\%$$

En su más estricto significado, cifras superiores al 100% indican que la concentración media del contaminante ha sobrepasado el valor límite permisible, mientras que valores inferiores al 100% indican que la concentración media no ha superado dicho valor límite permisible durante la jornada laboral.

En el caso de que se encuentren en la atmósfera de trabajo varios contaminantes cuyos efectos sobre el organismo se consideren aditivos, el porcentaje de DOSIS a tener en cuenta es la suma de los porcentajes de DOSIS de cada sustancia. Conviene precisar que el porcentaje de DOSIS es simplemente un indicador numérico de la exposición media por vía inhalatoria, que, si bien contempla el tiempo de exposición como elemento condicionante del nivel de riesgo higiénico, no considera la variabilidad de la concentración en el transcurso de la jornada laboral. Con el fin de paliar esta limitación, se suele tomar el 50% de DOSIS como nivel de acción, a partir del cual se adopta algún tipo de medida de vigilancia o acción correctora.

2.6. Índice Biológico de Exposición (IBE)

Es un parámetro usado para evidenciar la absorción o acumulación de un xenobiótico en un ser vivo. El establecimiento del control biológico tiene como objetivo principal el verificar si existe seguridad en caso de contaminación ambiental, en exposiciones presentes o incluso pasadas, evitándose de esta forma que ocurran efectos adversos en la salud de los trabajadores o para establecer medidas de control para aquellos casos en que se presente indicadores por encima de los límites biológicos de exposición establecidos.

Los IBE sirven como indicadores en la evaluación de los riesgos potenciales para la salud en el entorno laboral, sin embargo, no dan una clara distinción entre las exposiciones peligrosas y no peligrosas. Por ejemplo, es posible que la concentración de un xenobiótico en un individuo supere el límite biológico de exposición sin incurrir en un aumento del riesgo para la salud. Si las mediciones en muestras diferentes y en diferentes ocasiones tomadas

a un trabajador superan dicho límite, la causa del valor alto debe ser investigada y llama a tomar medidas de control para reducir la exposición.

Especímenes biológicos

Los medios biológicos en los que se puede determinar la presencia de xenobióticos en el individuo por exposición laboral, están estrechamente relacionados con las vías de entrada, distribución y eliminación de cada compuesto, así como por su naturaleza química. La mayoría de determinaciones de IBE para agentes químicos se realizan a través de la sangre, la orina o aire exhalado.

a) **Análisis de muestras de sangre:** La sangre es el principal vehículo de transporte y distribución de los compuestos químicos en el cuerpo, por tanto la mayoría de sustancias sistemáticamente activas o sus metabolitos se pueden encontrar en este medio. A través de este medio se puede determinar la mayoría de compuestos inorgánicos y para compuestos orgánicos que tengan bajas tasas de biotransformación y suficiente vida media, así como también para sustancias unidas a macromoléculas como la hemoglobina.

b) **Análisis de muestras de orina:** La toma de muestras de orina es más práctica ya que puede utilizar grandes volúmenes de muestra y es también una técnica no invasiva. Se utiliza para determinar la presencia de compuestos inorgánicos en el organismo, principalmente metales y compuestos orgánicos o sus metabolitos solubles en agua.

Para compuestos con vida media corta o sujetos a fluctuaciones ambientales, las determinaciones en orina realizadas en muestras recogidas al final de la jornada laboral, con mayor frecuencia reflejan mejor la dosis interna que las muestras puntuales en sangre o aire exhalado, puesto que la concentración del compuesto en orina generalmente refleja el nivel medio del xenobiótico en plasma durante el periodo de acumulación en la vejiga.

Los análisis de muestras de 24 horas son más representativas que las muestras puntuales, salvo en el caso de sustancias con vida media elevada como los metales. Las muestras de orina que están altamente concentradas generalmente no son adecuadas para el monitoreo. La Organización Mundial de la Salud ha adoptado pautas para límites aceptables para muestras de orina de la siguiente manera:

Concentración de creatinina en orina:

$$0.3 \text{ g/L} < [] \text{ creatinina en orina} < 3.0 \text{ g/L}$$

Para que el análisis de una muestra de orina sea válida, se requiere que la concentración de creatinina en orina se encuentre dentro del rango mencionado, valores fuera del rango debe ser descartados. Si los trabajadores presentan constantemente valores inaceptables, estos deben pasar por evaluación médica.

Cabe resaltar que la creatinina es un producto de desecho que fabrican los músculos a un ritmo constante como parte de la actividad diaria normal. El torrente sanguíneo lleva la creatinina hacia los riñones, que se encargan de extraerla de la sangre durante el proceso de filtración y que es eliminada a través de la orina.

2.7. Planta ADR (adsorción, desorción y reactivación térmica)

El oro es un elemento poco reactivo y da lugar a un número bastante limitado de compuestos naturales. El oro puede presentarse libre o asociado a otras fases minerales, los sulfuros en particular, sus dimensiones pueden ser desde micrones hasta centímetros.

En este tipo de plantas, el procesamiento metalúrgico comprende el tratamiento por cianuración en pilas de lixiviación y recuperación de valores por adsorción con carbón activado, desorción, electrodeposición y fundición, para ello se usa también actividades complementarias, como son:

reactivación química y térmica del carbón, todas estas actividades enfocan claramente las medidas de seguridad y la de protección al medio ambiente.

3. CAPITULO III. MARCO LEGAL

De acuerdo a la OIT, hay países latinoamericanos como Chile, Colombia, Argentina y nuestro país que están mostrando un desarrollo importante en materia legal sobre Seguridad y Salud en el Trabajo.

El marco legal de nuestro país se fundamenta en la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. Esta ley importante pone énfasis en la prevención de riesgos laborales con criterios adaptados a nuestra realidad. Por ejemplo, en esta ley se contempla que toda persona que tenga vínculo laboral, tiene derecho a recibir los beneficios de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, así como también, en este marco protector se contempla a la población independiente, a la población adolescente y a las personas discapacitadas. Dentro de los lineamientos de esta ley, se considera la participación de los trabajadores, se exige la implementación de estándares y la incorporación de un sistema de gestión de calidad.

Mencionado lo anterior, esta tesis se fundamenta en el marco de nuestra normativa nacional, partiendo desde la Constitución Política del Perú, hasta el reglamento para el sector minero donde también se regula la exposición a agentes químicos durante la jornada laboral.

Constitución Política del Perú del año 1993.

Artículo 22: el trabajo es un deber y un derecho. Es base de bienestar y un medio de realización de la persona.

Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Artículo 56: Exposición en zonas de riesgo: El empleador prevé que la exposición a los agentes físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y

psicosociales concurrentes en el centro de trabajo no generen daños a la salud de los trabajadores.

D.S. N° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Artículo 33: Los registros obligatorios del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo son:

c) Registro del monitoreo de agentes físicos, químicos, biológicos, psicosociales y factores de riesgo disergonómicos.

D.S. N° 024-2016-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.

Es importante resaltar que este reglamento incluye un capítulo específico en materia de Higiene Ocupacional y lo define como:

Higiene Ocupacional: Es una especialidad no médica orientada a identificar, reconocer, evaluar y controlar los factores de riesgo ocupacionales (físicos, químicos, biológicos, psicosociales, disergonómicos y otros) que puedan afectar la salud de los trabajadores, con la finalidad de prevenir las enfermedades ocupacionales.

CAPÍTULO XI: HIGIENE OCUPACIONAL

Artículo 101: La gestión de higiene ocupacional debe incluir:

- a) La identificación de peligros y evaluación de riesgos que afecte la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores en sus puestos de trabajo.
- b) El control de riesgos relacionados a la exposición a agentes físicos, químicos, biológicos y ergonómicos en base a su evaluación o a los límites de exposición ocupacional, cuando estos apliquen.
- c) La incorporación de prácticas y procedimientos seguros y saludables a todo nivel de la operación.

Artículo 110: El titular de actividad minera efectuará mediciones periódicas y las registrará de acuerdo al plan de monitoreo de los agentes químicos presentes en la operación minera tales como: polvos, vapores, gases, humos metálicos, neblinas, entre otros que puedan presentarse en las labores e instalaciones, sobre todo en los lugares susceptibles de mayor concentración, verificando que se encuentren por debajo de los Límites de Exposición Ocupacional para Agentes Químicos de acuerdo a lo señalado en el ANEXO N° 15 y lo demás establecido en el Decreto Supremo N° 015-2005-SA y sus modificatorias, o la norma que lo sustituya, para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores.

D.S. N° 015-2005-SA, Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo.

Artículo 1: Los Valores Límite Permisibles se establecen para proteger la salud de los trabajadores de toda actividad ocupacional y a su descendencia, mediante la evaluación cuantitativa y para el control de riesgos inherentes a la exposición, principalmente por inhalación, de agentes químicos en los puestos de trabajo.

4. CAPITULO IV. INFORMACIÓN LABORAL

4.1. Aspecto geológico - geográfico

La Unidad minera donde se realiza el estudio es un yacimiento de oro epitermal de alta sulfuración cuya explotación se realiza a tajo abierto y se inicia el año 2012. Hay una deposición de oro y plata en forma diseminada que se caracteriza por la asociación oro libre, oropimente, rejalgar-cinabrio y azufre nativo, la plata se presenta algunas veces asociada al oro y raramente como plata nativa.

Dicha Unidad Minera está ubicado en los andes del sur peruano, a una altitud de entre 4100 a 4300 m.s.n.m., en el área ocurre un predominio de relieves montañosos de topografía accidentada, geológicamente se

encuentra dentro de secuencias sedimentarias, vulcano sedimentarias y secuencias volcánicas.

La temperatura anual promedio en la unidad minera es de 4.9 °C, con una humedad relativa que varía entre 70% y 80% y cuya presión barométrica es de 459 mmHg.

4.2. Aspecto epidemiológico

Uno de los principales peligros por exposición a agentes ocupacionales en las minas de oro con plantas de procesamiento del mineral, es el vapor de mercurio generado durante su procesamiento y debido a la naturaleza geológica del mineral. El mercurialismo ocupacional es una enfermedad ocupacional generada por la inhalación de vapor de mercurio que genera principalmente daños al sistema nervioso central, y órganos como los riñones y el hígado, disminuyendo las capacidades fisiológicas del ser humano, lo cual se llama menoscabo de salud.

Durante el periodo que se realizó el estudio, la compañía minera tenía 15 casos de trabajadores cuyo IBE para mercurio en orina se encontraba por encima del límite máximo permisible (35 ug/gCreat.). Cabe resaltar que de dichos casos ninguno tuvo menoscabo de salud.

4.3. Aspecto operacional

Como se mencionó la mina es un yacimiento de oro, cuyo tipo de extracción del mineral es a tajo abierto. Los procesos y operaciones se describen a continuación:

4.3.1. Perforación y Voladura

La producción de minerales en el tajo se realiza a través de la perforación y voladura con explosivos, de taladros con una longitud de 8.5 m por 9" de

diámetro en promedio, distribuidos en los bancos operativos del tajo de acuerdo al tipo de roca y material a producirse (mineral / desmonte).

4.3.2. Carguío y acarreo de mineral

Después de ejecutado el proceso de voladura, se procede a realizar el carguío y acarreo del mineral con camiones que llevan hacia la Chancadora para reducir el tamaño del mineral.

4.3.3. Chancado

La recuperación del oro de los minerales se realiza por el método de lixiviación en pilas de mineral, para ello el mineral que llega a la chancadora es reducido hasta tener una granulometría promedio de 125 mm. Cabe resaltar que la máquina chancadora es de 1100 T/h (toneladas por hora).

4.3.4. Proceso productivo del oro

a) Carguío de mineral al PAD

- El mineral chancado es transportado hacia las pilas de lixiviación, cubriendo cada nivel y avanzando progresivamente a un siguiente.
- En el proceso de cianuración en pilas, la cal principalmente se utiliza como regulador de pH y neutralizante de la acidez, la dosificación de este reactivo se realiza luego de que el camión ha efectuado la descarga del mineral en la pila de lixiviación, la mezcla se produce en el momento en que el mineral es empujado al borde de la pila mediante un cargador frontal, para mantener un adecuado pH.
- Una vez alcanzado una determinada área superior de pila, se procede el removido de la capa superior que ha sido compactada por el tránsito de volquetes con la ayuda de un tractor de orugas.

b) Lixiviación

- Una vez concluido la remoción de una celda se procede con el tendido e instalación de las tuberías de riego, distribuyendo los aspersores a distancias iguales uno respecto al otro. La solución lixivante esta con una baja concentración de Cianuro de sodio (NaCN) y pH de 10.5, esta es bombeada desde la poza de solución barren mediante electrobombas hacia un tanque de preparación ubicado en la parte superior del PAD, desde allí se dosifica la solución cianurada a una determinada presión, con una concentración de solución cianurada adecuada para las celdas nuevas, ya que es aquí donde se diluye y recupera la mayor cantidad de oro. Luego de aproximadamente dos semanas, se baja la concentración de cianuro a para terminar de diluir el oro residual en el mineral.
- La solución de la poza barren es bombeada hacia el tanque de solución lixivante mediante bombas sumergibles; aquí se junta con la solución barren proveniente de los circuitos.
- La percolación de la solución a través del mineral acumulado en el PAD, lixiviara los valores de oro, para ser colectadas por las tuberías de drenaje de fondo y conducidos a la poza de solución pregnant. Aquí llega solución proveniente de las pilas de lixiviación que se tienen.
- Estas pilas son denominadas dinámicas o recargables, ya que una vez lixiviado el mineral, este es removido con leyes muy bajas; y se procede a cargar nuevamente con mineral rico o nuevo. Terminado el ciclo de lixiviación de celdas después de un periodo de paralización y oxigenación de mineral se procede a realizar una remoción con excavadora, el cual previo muestreo (calicatas) se inicia la lixiviación a baja concentración de cianuro (condición de acuerdo a pruebas metalúrgicas) con la finalidad de recuperar el oro remanente.

c) Adsorción

- La solución rica producto de la lixiviación en pilas es bombeada desde la poza pregnant y el tanque de paso hacia los circuitos de adsorción mediante electrobombas. Ingresando la solución pregnant a los circuitos con una presión y un caudal determinados; al ingresar a cada circuito de columnas de carbón, se agrega anticrustante. Los valores de oro serán atrapados por el carbón activado contenidos en las columnas.
- La solución barren que sale de los circuitos es conducido a la poza barren pasando por una malla #20, luego ira al tanque de solución lixivante, donde previa compensación de reactivos tanto como NaCN y cal, es bombeado a las pilas de lixiviación, haciendo así un circuito cerrado permanente en la operación.
- El bombeo de solución rica con mayor contenido metálico, proveniente de la lixiviación hacia la Planta, está supeditado al carguío de mineral fresco y de calidad que ingresa al Pad.

d) Desorción y electrodeposición

- En cuanto al proceso de Desorción-Electrodeposición, aquí el reactor tiene una capacidad determinada de carbón cargado, proveniente de la descarga de columnas del mismo circuito, esto depende del balance metalúrgico.
- Una vez descargadas las columnas se prepara la solución en el tanque de preparación, para luego hacerla recircular por el tanque de solución stripp, hasta que una vez alcanzados los parámetros adecuados se hará recircular por el reactor y se abrirá paso hacia las celdas de electrodeposición a una temperatura y presión determinadas, formando de esta manera un circuito cerrado. Además se añade anticrustante a la entrada de la solución rica hacia las celdas de electrodeposición.

e) Cosecha, Retorta y Fundición

Los cátodos electrolíticos son retirados de la celda y sometidos a un tratamiento con solución de HCl industrial a fin de eliminar en fierro antes de la fundición. El cemento de oro después de lavado y filtrado es llevado al horno de retorta para separar el agua y mercurio del cemento.

- Una vez seco el cemento electrolítico, este es fundido en el horno basculante, previa dosificación de fundentes como bórax, salitre, sílice y otros a la temperatura de aproximadamente 1200 C° por espacio de 6 horas donde finalmente se producen las barras de dore.
- Los gases producto de la fundición son conducidos vía una campana y un extractor hacia una torre de lavado (scrubber) donde se recuperara estos polvos que han sido arrastrado juntamente con los gases durante la fundición. Los gases completamente fríos y limpios de sólidos van a la atmosfera libre de todo contaminante.
- La refinación del oro o separación, se utiliza para separar el oro de las impurezas y de otros metales. El oro y la plata, que se obtienen a menudo a partir de los mismos minerales, son químicamente similares, haciéndolos difíciles de separar.

f) Reactivación química

- Este proceso consiste en eliminar químicamente los carbonatos adsorbidos en el proceso de adsorción del oro y la plata, a fin de restaurar la actividad del carbón para un nuevo uso en el proceso de adsorción y mejorar la eficiencia en el circuito de adsorción, en la planta ADR, en circuito cerrado.
- Es importante tener en cuenta su preparación y su nivel de pH para su correcto funcionamiento. El pH debe de ser siempre inferior a 2 para que de esta manera pueda actuar eficazmente y remover toda impureza y mineral captado sin valor.
- La reactivación química del carbón se realiza con la finalidad de eliminar deposiciones de carbonatos, sulfatos, fosfatos entre otros

que se forman sobre el carbón disminuyendo su capacidad de adsorción de los iones de oro.

Este proceso se realiza haciendo circular ácido clorhídrico a través del carbón hasta llegar a un pH aproximado de 2, el tiempo estimado es de 2 horas con un posterior lavado del carbón ya reactivado.

g) Reactivación térmica

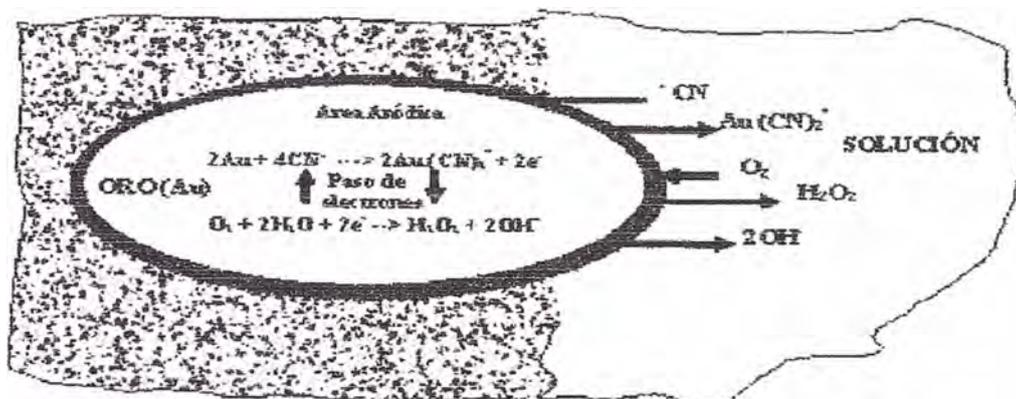
- Generalmente la reactivación química no es suficiente para que el carbón recupere sus propiedades químicas, además de un porcentaje significativo de su actividad, por tanto es necesario realizar una reactivación térmica posterior a la reactivación química. El proceso consiste en pasar el carbón a través de un horno a 375 voltios y 55 amperios de intensidad. Cuantas más impurezas tenga el carbón, será mayor el tiempo de retención en el horno; de esta manera se logran abrir por completo los poros del carbón activado que quedan obstruidos por acción de los carbonatos remanentes.

4.3.5. Cianuración

La cianuración es el proceso electroquímico de disolución del oro, plata y algunos otros componentes que se pueden encontrar en un mineral aurífero, mediante el uso de una solución alcalina de cianuro, que forma aniones complejos de oro, estables en condiciones acuosas. Este proceso implica una serie de reacciones que ocurren en la superficie del sólido. Elsner (1846) propuso la reacción global de disolución del oro mediante una solución acuosa de cianuro, en presencia de oxígeno:



Ilustración 3. Reacciones de oxidación-reducción en el proceso de cianuración



El mecanismo de disolución de oro en la solución de cianuro es el siguiente:

Absorción de oxígeno en la solución.

Transporte de cianuro disuelto y oxígeno a la interface sólido líquido.

Transporte de los reactantes al interior del sólido por poros o canales.

- Adsorción del cianuro y oxígeno en la superficie del sólido.

Reacción electroquímica en la superficie.

Desorción del complejo soluble oro-cianuro y otros productos de la reacción.

5. CAPITULO V. DESARROLLO METODOLÓGICO

5.1. Selección del método de estudio

La metodología de este estudio de investigación, responde a las siguientes características:

Es descriptiva: al buscar la observación y cuantificación de las concentraciones de vapor de mercurio en el ambiente de trabajo y de los indicadores biológicos de exposición para mercurio en orina y así

determinar la influencia de las medidas de control implementadas para reducir los niveles de exposición a dicho agente.

- **Es cuantitativa:** debido a que se busca obtener datos reales de forma cuantitativa sobre las concentraciones de mercurio tanto en el ambiente laboral como en los indicadores biológicos mediante mediciones dosimétricas y ambientales, y análisis de muestras en laboratorio externo respectivamente.

Es transversal: ya que el periodo de tiempo en que se implementaron las medidas de control y las mediciones de las concentraciones de mercurio en el ambiente y en los indicadores biológicos, fue entre los meses de enero a diciembre del año 2017.

- **No experimental:** la ejecución de este trabajo de investigación se limita a observar y medir las concentraciones de mercurio en el ambiente de trabajo y al análisis de los resultados de los indicadores biológicos sin intervenir en las variaciones de los mismos.
- **De campo:** las mediciones de las concentraciones de vapor de mercurio en el ambiente de trabajo se realizan durante la ejecución de actividades en Refinería y Planta ADR.

5.2. Población y selección de la muestra

- **Población:** para este trabajo de investigación, se consideraron a todos los trabajadores expuestos a vapor de mercurio durante sus actividades desarrolladas en Refinería y Planta ADR de la operación minera.
- **Muestra:** para la selección de la muestra se consideró la metodología **No-Probabilística o Por Juicio**, debido a que la muestra a evaluar fue elegida en base al criterio técnico del equipo investigador, en donde se eligieron a aquellos que participan en la ejecución de actividades críticas

según las condiciones de niveles altos de contaminantes y trabajadores con valores altos en sus indicadores biológicos.

5.3. Diagnóstico de la situación actual por exposición a vapores de mercurio

Debido a la problemática presentada por los incrementos por encima del límite máximo permisible en los valores de los indicadores biológicos de exposición IBE para mercurio en orina en un total de 15 trabajadores expuestos, entre los meses de junio a diciembre del 2016, es que se decide analizar e investigar las causas de estos incrementos significativos. Para este diagnóstico, se realizan las siguientes actividades durante la tercera semana del mes de enero del 2017:

5.3.1. Fuentes de exposición

La unidad minera tiene establecido un protocolo de monitoreo diario de vapor de mercurio en el aire con un equipo de lectura directa marca Jerome, modelo 431-X. Dicho equipo puede ser trasladado a diferentes puntos que se quieran medir concentraciones de vapor de mercurio.

Jerome 431-X

El principio de funcionamiento de este equipo se basa en que cuando se tiene presencia de vapor de mercurio y se realiza un muestreo, una bomba interna extrae aire del ambiente y lo envía al sistema de flujo a través de un filtro limpiador que quita cualquier gas acidificante que pudiera interferir con la reacción entre el sensor que es una lámina de oro y el vapor de mercurio. Dicho sensor absorbe el vapor de mercurio, luego una resistencia eléctrica experimenta un incremento, proporcional a la masa de vapor de mercurio de la muestra. De esta forma el equipo determina la cantidad que absorbió y revela la concentración medida en el medidor digital y en miligramos por metro cúbico (mg/m^3).

Las especificaciones técnicas del equipo se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 6. Especificaciones técnicas del equipo de monitoreo Jerome 431-X

Rango de medición	0.001 a 0.999 mg/m ³ de Hg
Sensibilidad	0.003 mg/m ³ de Hg
Precisión	5% de desviación estándar relativa en 0.100 mg/m ³ de Hg
Tiempo de respuesta modo estándar	12 segundos
Tiempo de respuesta modo monitorear	3 segundos
Coeficiente de flujo	750 cc/min (0.75 L/min)
Ambiente operativo	De 0 a 40 °C, no condensante, no explosivo
Certificación	Marca CE en 220-240 V, 431-XE

Fuente: Arizona Instrument LLC, 2011

De acuerdo al protocolo establecido por la unidad minera, Las mediciones se realizan entre las 16:00 y 17:00 horas del día en puntos fijados de acuerdo a la frecuencia en que los trabajadores trabajan y/o transitan en dichos puntos, según se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7. Puntos de monitoreo diario de vapor de mercurio en el aire

Punto de monitoreo	Descripción
M1	Entre sumidero y filtro prensa
M2	Entre celdas electrolíticas 1 y 2
M3	Horno de fundición
M4	Horno de retorta
M5	Punto medio en patio de zona de fundición
M6	Centro de control de cámaras
M7	Entre scrubbers
M8	Punto medio de garita de ingreso
M9	Vestuario ADR
M10	Control Room
M11	Heater
M12	Entrada del horno de reactivación térmica dos (HRT2)

Punto de monitoreo	Descripción
M13	Salida del horno de reactivación térmica dos (HRT2)
M14	Tanque de lavado ácido
M15	Tanque de desorción
M16	Entrada del horno de reactivación térmica uno (HRT1)
M17	Salida del horno de reactivación térmica uno (HRT1)

Los puntos del M1 al M6 son pertenecientes a la zona de refinería, mientras que del M7 al M17 pertenecen a Planta ADR. (**Ver Anexo N° 03**).

Para anotar las mediciones en los puntos descritos, se usa el formato de control diario (**Ver formato 1**), el cuál es llenado por un trabajador de Planta designado para realizar dichas mediciones; posteriormente este formato diario es llenado digitalmente en el formato de control mensual para ver la evolución mensualmente (**Ver formato 2**).

Formato 1. Hoja de control diario de vapor de mercurio

LOGO	FORMATO <i>HOJA DE CONTROL DE VAPOR DE MERCURIO</i>	Codigo:	
		Version:	
		Fecha de aprobacion:	
		Paginas:	

Fecha: _____

Turno: _____

Responsable: _____

Equipo: _____

Codigo de equipo: _____

Punto	Concentración Hg						
M1		M5		M9		M13	
M2		M6		M10		M14	
M3		M7		M11		M15	
M4		M8		M12		M16	
						M17	

Se procede a analizar las mediciones realizadas durante el año 2016, que tienen una data que inicia desde el mes de febrero que se presentan en promedios mensuales (**Ver punto N° 6.1**).

5.3.2. Análisis de resultados IBE de mercurio en orina

El personal de trabajo que con mayor frecuencia ingresa al área de refinería y planta ADR es personal de las áreas de Planta y Mantenimiento, por lo que durante el año 2015 y 2016 se les hicieron pruebas puntuales de IBE para mercurio en orina para dar seguimiento a su estado de salud.

Para ello se realiza la toma de muestras de orina puntual para análisis IBE para mercurio en orina, tomando las muestras en frascos estériles de 250 mL, el cual es almacenado en a una temperatura de $- 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para conservarla hasta su envío al laboratorio de análisis.

En al año 2015, de un total de 23 trabajadores muestreados (15 del área de Planta y 8 de Mantenimiento), no se reportó ningún caso con resultados mayor al límite máximo permisible para mercurio en orina ($35\text{ }\mu\text{g/gCreat.}$). Cabe resaltar que se tomaron muestras dos veces en ese año, en los meses de mayo y noviembre, según la siguiente tabla:

Tabla 8. Resultados IBE para mercurio en orina, año 2015

AREA	Fecha		Máximo resultado reportado (ug/g Creat)
	1/05/2015	1/11/2015	
	(ug/g Creat)	(ug/g Creat)	
PLANTA			
Trabajador 1 (Operador Multifuncional de Planta)	13.76	26.49	26.49
Trabajador 2 (Técnico Multifuncional de Planta)	15.43	24.37	24.37
Trabajador 3 (Operador Multifuncional de Planta)	7.48	17.24	17.24
Trabajador 4 (Operador Multifuncional de Planta)	-	16.98	16.98
Trabajador 5 (Operador Multifuncional de Planta)	-	16.57	16.57
Trabajador 6 (Operador Multifuncional de Planta)	-	16.37	16.37

AREA	Fecha		Máximo resultado reportado (ug/g Creat)
	1/05/2015	1/11/2015	
	(ug/g Creat)	(ug/g Creat)	
Trabajador 7 (Operador Multifuncional de Planta)	-	13.80	13.80
Trabajador 8 (Operador Multifuncional de Planta)	-	12.65	12.65
Trabajador 9 (Técnico Multifuncional de Planta)	2.55	11.80	11.80
Trabajador 10 (Técnico Multifuncional de Planta)	6.25	9.74	9.74
Trabajador 11 (Jefe de Planta)	9.15	7.71	9.15
Trabajador 12 (Operador Multifuncional de Planta)	-	8.85	8.85
Trabajador 13 (Técnico Multifuncional de Planta)	6.00	-	6.00
Trabajador 14 (Ingeniero de Guardia Planta)	2.84	4.93	4.93
Trabajador 15 (Operador Multifuncional de Planta)	1.20	-	1.20
MANTENIMIENTO			
Trabajador 16 (Técnico Mecánico)	3.19	13.53	13.53
Trabajador 17 (Mecánico de Producción)	-	12.38	12.38
Trabajador 18 (Técnico Mecánico)	2.80	12.10	12.10
Trabajador 19 (Mecánico de Producción)	6.04	11.59	11.59
Trabajador 20 (Técnico Mecánico)	3.83	11.49	11.49
Trabajador 21 (Soldador)	2.01	6.45	6.45
Trabajador 22 (Soldador)	2.47	4.35	4.35
Trabajador 23 (Operador de Grúa)	2.88	2.26	2.88

Para el año 2016, se muestrearon en total 89 trabajadores (43 del área de Planta y 46 de Mantenimiento), entre los meses de julio y diciembre se reportaron en total 15 trabajadores con valores IBE de mercurio en orina por encima del límite máximo permisible, 9 trabajadores del área de Planta y 6 de Mantenimiento. En la siguiente tabla se detalla estos resultados:

Tabla 9. Resultados IBE para mercurio en orina, año 2016

AREA	Fecha						Máximo resultado reportado (ug/g Creat)
	1/06/2016	1/07/2016	1/10/2016	1/12/2016	14/12/2016	16/12/2016	
	(ug/g Creat)						
PLANTA							
Trabajador 1 (Operador Multifuncional de Planta)	18.89	-	94.97	-	-	40.74	94.97
Trabajador 2 (Técnico Multifuncional de Planta)	57.08	53.78	27.43	-	-	-	57.08
Trabajador 3 (Operador Multifuncional de Planta)	17.44	-	44.02	31.76	-	-	44.02
Trabajador 4 (Operador Multifuncional de Planta)	1.14	-	41.55	25.12	-	-	41.55
Trabajador 5 (Operador Multifuncional de Planta)	38.69	39.33	16.46	-	-	-	39.33
Trabajador 6 (Técnico Multifuncional de Planta)	24.51	-	32.68	37.66	-	-	37.66
Trabajador 7 (Operador Multifuncional de Planta)	13.19	-	36.27	-	-	27.06	36.27
Trabajador 8 (Técnico Multifuncional de Planta)	8.93	-	34.38	35.95	-	-	35.95
Trabajador 9 (Operador Multifuncional de Planta)	9.97	-	35.33	-	-	32.76	35.33
MANTENIMIENTO							
Trabajador 10 (Soldador)	38.02	49.32	6.50	5.60	-	-	49.32
Trabajador 11 (Mecánico de Producción)	27.54	43.05	17.07	15.40	-	-	43.05
Trabajador 12 (Mecánico de Producción)	-	-	35.42	39.42	-	-	39.42
Trabajador 13 (Técnico Supervisor de Mantenimiento)	-	-	5.59	39.21	-	-	39.21
Trabajador 14 ((Mecánico de Producción)	3.75	-	34.88	37.78	-	-	37.78
Trabajador 15 (Soldador)	-	-	35.74	28.62	-	-	35.74

5.3.3. Puestos de trabajo expuestos a vapor de mercurio

A continuación se detallan los puestos de trabajo que por su frecuencia de trabajo en las zonas de Refinería y Planta ADR se encuentra más expuestos ya que se encuentran la mayor parte de la jornada laboral diaria (más del 90% del tiempo).

En caso de los trabajos del área de Planta los puestos que se encuentran más expuestos son los siguientes:

- **Operador Multifuncional de Planta.**
- **Técnico Multifuncional de Planta.**

Para el área de Mantenimiento, si bien es cierto no tienen la misma frecuencia de exposición que los trabajadores del área de Planta, ni tiempo de exposición a vapores de mercurio, sin embargo, realizan algunas actividades dentro de las zonas de Refinería y Planta ADR con una frecuencia diaria y por un tiempo mayor a dos horas, de acuerdo a la necesidad del área de Planta para realizar ya sean mantenimientos correctivos, preventivos y/o predictivos a los equipos. Los puestos de trabajo más expuestos para el área de Mantenimiento son:

- **Soldador.**
- **Mecánico de Producción.**
- **Técnico Mecánico.**
- **Técnico Electricista.**

Los puestos mencionados en los párrafos anteriores tanto para las áreas de Planta y Mantenimiento, también son aquellos que mostraron resultados en IBE para mercurio en orina con valores cercanos y por encima del límite máximo permisible.

Los otros puestos con exposición a vapor de mercurio son:

- **Ingeniero de Guardia Planta.**
- **Jefe de Planta.**
- **Jefe de Mantenimiento Mecánico.**
- **Jefe de Mantenimiento Eléctrico.**
- **Supervisor de Mantenimiento Mecánico.**
- **Supervisor de Mantenimiento Eléctrico.**

Sin embargo, por la naturaleza de sus actividades (trabajos administrativos en un 70% y en campo en un 30% del tiempo de la jornada laboral diaria), baja frecuencia y tiempo de exposición, presentan valores en su IBE para mercurio en orina por debajo de **10 µg/gCreat.**

5.3.4. Actividades realizadas en los puestos de trabajo con mayor exposición a vapor de mercurio

En este punto se listan las actividades por puesto de trabajo que implican una mayor exposición a vapores de mercurio.

Planta:

Técnico / Operador Multifuncional de Planta

Tanto el puesto de técnico como de operador realizan las mismas actividades con la diferencia de que el técnico es quien posee una experiencia mayor a tres años.

Tabla 10. Actividades que implican exposición a vapor de mercurio en Planta ADR

SUB PROCESO	ACTIVIDAD	TAREAS	RUTINARIA (SI / NO)
ADR	Preparación de solución cianurada	Retiro de hidróxido de sodio (NaOH) de almacén y traslado a zona de preparación de cianuro.	SI
		Adición de hidróxido de sodio en tanque de preparación.	SI
		Llenado del tanque de preparación con solución barren al 90% del nivel.	SI

SUB PROCESO	ACTIVIDAD	TAREAS	RUTINARIA (SI / NO)
		Inspección y operación del montacargas	SI
		Retiro de caja de cianuro de almacén	SI
		Apertura de caja de cianuro	SI
		Izaje al tanque de preparación de cianuro	SI
		Almacenamiento de solución cianurada en el tanque de dosificación	SI
		Monitoreo de ácido cianhídrico (HCN)	SI
		Envío de bolsas de cianuro al Pad	SI
	Adsorción	Bombeo de solución rica de PLS a la columnas adsorción	SI
		Muestreo de solución rica y barren	SI
		Almacenamiento del carbón fino	SI
		Bombeo de la solución barren al pad de lixiviación previa ajuste de la solución de cianuro	SI
		Descarga del carbón saturado a reactores de desorción	SI
		Transferencia de carbón entre columnas.	SI
		Control de nivel de la poza PLS y PGE.	SI
		Ingreso de datos para reporte diario	SI
	Desorción	Preparación y dosificación de solución de NaOH	SI
		Transferencia del carbón saturado a reactores	SI
		Muestreo de carbón rico	SI
		Preparación de la solución eluente (soda 1 % y cianuro 0.1%)	SI
		Calentamiento de solución eluente y recirculación en las etapas 1, 2 y 3.	SI
		Encendido de rectificadores de corriente	SI
		Termino y apagado de equipos de la desorción.	SI
		Descarga y muestreo del carbón pobre	SI
		Limpieza de intercambiadores tubular y placas.	NO
		Limpieza de filtros y tuberías	NO
	Reactivación química	Transferencia del carbón desorbido a los reactores de lavado acido	SI
		Bombeo de solución de ácido clorhídrico (HCL) concentrado al tanque de preparación	SI
		Preparación del ácido clorhídrico al 3%	SI
		Monitoreo de HCN	SI

SUB PROCESO	ACTIVIDAD	TAREAS	RUTINARIA (SI / NO)
		Recirculación de la solución en contacto con el carbón pobre	SI
		Drenado de la solución	SI
		Lavado con agua y neutralización del carbón hasta pH 10	SI
		Transferencia de carbón a la zaranda	SI
		Limpieza de filtros y tuberías	NO
	Reactivación Térmica	Transferencia de carbón a la zaranda y almacenamiento en la tolva de alimentación del horno.	SI
		Puesta en operación de los equipos de la reactivación térmica.	SI
		Verificación de operación del extractor de gases	SI
		Transferencia de carbón reactivado térmicamente a la zaranda y almacenamiento en los tanques 9A y/o 9B.	SI
		Filtrado del carbón fino en filtro prensa.	SI
		Drenado y almacenamiento de mercurio	NO
	Limpieza del tanque barren	Inspección del área	NO
		Drenaje de la solución	NO
		Apertura del man hole	NO
		Monitoreo de HCN	NO
		Limpieza y ensacado de carbón del tanque barren	NO
		Traslado de los sacos al exterior	NO
	Fundición	Lavado, filtrado y retorteo del cemento electrolítico	Lavado con agua a presión de los cátodos de las celdas electrolítica
Transferencia del cemento al filtro prensa			SI
Retiro del cemento del filtro prensa			SI
Pesado y cargado del cemento al horno de retorta			SI
Monitoreo de vapor de mercurio			SI
Recuperación y almacenamiento de mercurio			SI
Inspección y/o cambio de carbón azufrado			NO
Traslado de cajas con los flack de mercurio			SI
Acondicionamiento y Fundición del cemento seco		Descarga, pesado y muestreo del cemento seco de la retorta	SI
		Mezcla del cemento con los fundentes (bórax, carbonato de sodio, sílice y nitrato de potasio)	SI

SUB PROCESO	ACTIVIDAD	TAREAS	RUTINARIA (SI / NO)
		Verificación y encendido del horno de inducción eléctrico	SI
		Cambio de crisol	NO
		Carga del cemento seco con fundentes	SI
		Escorificación del metal líquido	SI
		Colada y muestreo del metal líquido en lingoteras	SI
		Desmolde de la barra de las lingoteras	SI
		Limpieza de barra doré	SI
		Pesado, codificado y embalaje de las barras	SI
		Almacenamiento de Barras Doré en bóveda.	SI
	Almacenaje y despacho de barra dore	Codificación al Sistema SAP	SI
		Traslado de las cajas de dore de bóveda al área de entrega a Hermes	SI
		Pegado de etiquetas en las cajas de dore.	SI
	envío de escoria pobre al PAD	Pesado y muestreo de escoria pobre.	NO
		Traslados de escorias pobre al PAD de Lixiviación.	NO

Mantenimiento:

Los trabajadores de esta área realizan trabajos en todas las áreas de la unidad minera, por lo que para los puestos de esta área solo se listan las actividades que conllevan el riesgo de exposición a vapor de mercurio en Refinería y Planta ADR.

a) Soldador

Tabla 11. Actividades para el puesto de Soldador que implican exposición a vapor de mercurio en Planta ADR

SUB PROCESO	ACTIVIDAD	TAREAS	RUTINARIA (SI / NO)
Mantenimiento Mecánico	Preventivo	Refuerzo de soldadura (Chancado, ADR, Lixiviación)	Si
	Correctivos	Reparación de tuberías y válvulas	Si
	Predictivo	Inspección de soldadura por líquidos penetrantes	Si

b) Mecánico de Producción

Tabla 12. Actividades para el puesto de Mecánico de Producción que implican exposición a vapor de mercurio en Planta ADR

SUB PROCESO	ACTIVIDAD	TAREAS	RUTINARIA (SI / NO)
Mantenimiento Mecánico	Preventivo	Mantenimiento de bombas (ADR, Pozos)	Si
		Mantenimiento de extractores (ADR)	Si
	Correctivos	Reparación de bombas (ADR y pozos)	Si
		Reparación del horno de reactivación térmica (ADR)	Si
		Reparación de extractor de gases mercurio (ADR)	Si
	Predictivos	Monitoreo Termográfico	Si

c) Técnico Mecánico

Tabla 13. Actividades para el puesto de Técnico Mecánico que implican exposición a vapor de mercurio en Planta ADR

SUB PROCESO	ACTIVIDAD	TAREAS	RUTINARIA (SI / NO)
Mantenimiento Mecánico	Preventivo	Mantenimiento de bombas (ADR, Pozos)	Si
		Mantenimiento de extractores (ADR)	Si
	Correctivos	Reparación de bombas (ADR y pozos)	Si
		Reparación del horno de reactivación térmica (ADR)	Si
		Reparación de extractor de gases mercurio (ADR)	Si
	Predictivos	Monitoreo Termográfico	Si

d) Técnico Electricista

Tabla 14. Actividades para el puesto de Técnico Electricista que implican exposición a vapor de mercurio en Planta ADR

SUB PROCESO	ACTIVIDAD	TAREAS	RUTINARIA (SI / NO)
Mantenimiento Eléctrico	Preventivos	Termografía	Si
		Toma de parámetros eléctricos	Si
	Correctivos	Reparación de bombas barrem	Si
		Reparación de bombas de recirculación	Si
		Reparación de bombas varias	Si
		Reparación de bombas de transferencia de carbón	Si
		Reparación de los Heater	Si
		Reparación del sistema de rectificación de corriente	Si
		Reparación de celdas electrolíticas	Si
		Reparación del horno de reactivación térmica	Si
		Reparación del horno PILAR	Si
		Reparación del horno de retorta	Si
		Reparación de tableros de distribución y alumbrado	Si
		Reparación de sistemas de alumbrado público/Perimetral	Si
		Sistema de aterramiento	Si
		Reparación de transformadores	Si
		Tableros de distribución	Si
		Tableros de protección y control	Si
	Predictivos	Termografía	Si
		Toma de parámetros eléctricos	Si
		Inspección visual	Si
	Implementación	Instalación de equipos	No
		Instalación de tableros de arranque y control	No
		Instalación de instrumentos de control	No
		Instalación de red eléctrica	No

5.3.5. Tiempos de exposición

a) Régimen laboral

En la unidad minera todo el personal operativo y técnico tiene un régimen laboral atípico de 14 días trabajados y 7 días de descanso (14 x 7). Personal con funciones administrativas tienen un régimen de 10 x 4.

b) Jornada Laboral diaria

El personal de trabajo tiene una jornada laboral diaria de 11 horas y 1 hora de descanso para el almuerzo. Cabe resaltar que el primer día de trabajo solo se labora 6 horas debido al tiempo de viaje para subir a la unidad minera, lo mismo para el 14avo día solo se trabaja 6 horas y por motivo similar.

c) Tiempo de exposición diario

El personal de Planta, tanto para el puesto de trabajo de Técnico como para el puesto de Operador Multifuncional de Planta se expone como mínimo el 90% de la jornada laboral (9.9 horas), debido a que sus actividades son realizadas en Refinería y Planta ADR.

El personal de mantenimiento más expuesto mencionado en el punto 5.3.3 se expone entre 2 a 3 horas diarias debido a las actividades que realizan en Refinería y Planta ADR demandan ese tiempo.

5.3.6. Niveles de producción de Mercurio en Planta ADR

Se tiene que por cada kilogramo de oro procesado, se produce en promedio 1.2 kilogramos de mercurio (1.2 kg Hg / kg Au), esto sin considerar el mercurio que se evapora durante los procesos de planta.

La producción de mercurio entre los años 2014 y 2015, tuvo un incremento significativo de 321.88%, y entre los años 2015 y 2016 hubo un incremento de 40.82%, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 15. Producción anual de mercurio

Año	Mercurio Elemental (kg)
2013	124.08
2014	964.22
2015	4067.86
2016	5728.54

5.3.7. Acciones correctivas implementadas

- **Implementación del sistema de ventilación forzado regulado a 40 cambios en refinera**, ya que la estructura de esta zona es un lugar cerrado cuyo único medio de ingreso de aire era una puerta enrollable, lo cual no permitía un flujo adecuado de aire al interior de refinera y en consecuencia la acumulación de vapor de mercurio. (Ver Anexo N°04)
- **Retiro de las coberturas metálicas laterales de Planta ADR**, con el objetivo de tener una mejor ventilación natural ya que debido a que dichas coberturas no permitían un adecuado flujo de aire natural al comportarse como una barrera en contra de la dirección del viento, en consecuencia el contaminante se acumulaba en la zona de ADR por un acolchonamiento de aire. (Ver Anexo N°04)
- **Paralización de los hornos de reactivación térmica (HRT1 y HRT2)**, estos equipos se utilizan para que el carbón recupere sus propiedades químicas eliminando las impurezas adsorbidas en el proceso de adsorción del oro, entre las impurezas se encuentra mercurio que al realizar este proceso, este se evapora y en consecuencia la acumulación de este agente en la zona de ADR.

Mantener los pisos húmedos tanto en Refinería como en Planta ADR, ya que ayuda a mantener la temperatura del ambiente por debajo de la temperatura de evaporación del mercurio y además el arrastre de gotas de mercurio líquido hacia los sumideros.

- **Incremento de la frecuencia de tomas de muestras de orina para análisis IBE de mercurio en orina en el mes de diciembre**, con el objetivo de tener un mayor seguimiento a la evolución de los trabajadores expuestos en sus indicadores biológicos e identificar posibles casos nuevos de trabajadores con IBE para mercurio en orina por encima del límite máximo permisible.
- **Rotación de trabajadores con IBE mayor a 35 ug/gCreat hacia otras áreas sin riesgo de exposición al agente contaminante como Chancado y Lixiviación**, ya que en estas áreas las concentraciones de vapor de mercurio es nula. Para el caso de trabajadores del área de Mantenimiento, estos eran rotados a áreas de Mantenimiento Truck Shop (mantenimiento de equipos y otros para operaciones mina).

Estos controles fueron implementados en el mes de octubre del 2016, evidenciándose la efectividad en la **tabla N° 20** y **tabla N° 21**, bajando las concentraciones de vapor de mercurio por debajo del límite máximo permisible en Planta ADR y en Refinería manteniéndose por encima del límite cerca al filtro prensa, celdas electrolíticas, horno de fundición y horno de retorta.

5.3.8. Conclusiones del diagnóstico

La sobreexposición de los trabajadores y por ende los incrementos en el IBE para mercurio en orina se debieron principalmente:

- Al incremento significativo en 321.88% en la producción de mercurio entre los años 2014 y 2015, y de 40.82% entre los años 2015 y 2016.

A la ausencia de un sistema de ventilación forzada en el caso de Refinería y en el caso de Planta ADR por tener un ambiente de trabajo cerrado que permitía la acumulación de vapor de mercurio.

- A las elevadas concentraciones de vapor de mercurio durante las actividades de cosecha, retorta y fundición, a pesar que estas actividades se realizan dos veces al mes. Cabe resaltar que no se tenía un adecuado sistema de ventilación en Refinería.
- Al diseño inadecuada de Planta ADR al ser un ambiente cerrado donde se generaba la acumulación de vapor de mercurio.

5.4. Medidas de control para reducir la exposición a vapor de mercurio

De acuerdo a los resultados del diagnóstico de la situación actual por exposición a vapor de mercurio en Planta, se establecen las siguientes medidas de control para reducir la exposición a vapores de mercurio de los trabajadores, dichas medidas de control se encuentran establecidas en un plan de acciones.

5.4.1. Reporte diario IBE para mercurio en orina y seguimiento al proceso evolutivo del personal

Con el objetivo de tener un mejor seguimiento del personal de trabajo que se encuentra expuesto, se tiene como acción incrementar la frecuencia de toma de muestras de orina a tres veces por guardia y reportar diariamente este seguimiento. Teniendo en cuenta en cuenta el régimen laboral de 14 x 7, se determina tomar muestras de orina puntual el primer día de guardia, al séptimo día y al término de la guardia.

Estos datos a su vez nos servirán para analizar la evolución de los casos en los cuales se hallaron sobreexposición o hayan superado el límite

máximo permisible ($35 \mu\text{g/gCreat}$) y también de aquellos casos que superan los $25 \mu\text{g/gCreat}$ como límite establecido para la unidad.

Para este reporte se creó un formato de reporte diario (**ver anexo N°05**), el cual es revisado para identificar posibles casos nuevos de trabajadores que excedan el límite establecido por la unidad minera, es decir, si se identifica en el reporte un resultado por encima de $25 \mu\text{g/gCreat}$, este trabajador pasa a un grupo denominado como grupo de “No Exposición” y se le rota de área, la cual en caso de trabajadores de Planta, se les rota a las sin riesgo de exposición que son Lixiviación y Chancado; en caso de trabajadores del área de Mantenimiento se les restringe el ingreso a Planta, solo pudiendo realizar sus actividades en otras áreas de la unidad.

A continuación se detalla las primeras acciones a tomar de acuerdo a los IBE para mercurio en orina:

Tabla 16. Primeras acciones a tomar de acuerdo al reporte IBE para Hg en orina

IBE para Hg en orina ($\mu\text{g/gCreat.}$)	Descripción de acciones
$35 < \text{IBE}$	Límite máximo permisible de acuerdo a ley nacional. El trabajador pasa a grupo de No Exposición
$25 < \text{IBE} \leq 35$	Límite máximo permisible establecido por la unidad. El trabajador pasa a grupo de No Exposición
$15 < \text{IBE} \leq 25$	Advertencia para ir tomando medidas de control y dar seguimiento al trabajador.
$0 \leq \text{IBE} \leq 15$	Se sigue manteniendo los controles, seguimiento a los trabajadores. Retorno al grupo de Activos para aquellos trabajadores del grupo de No exposición.

En el **punto 5.4.6** se describe con más detalle la tabla anterior.

5.4.2. Identificación de hábitos más críticos en los trabajadores y de condiciones que implican una mayor exposición a vapores de mercurio

Durante la ejecución de las actividades de cosecha, retorta y fundición se realizará la identificación de aquellos hábitos en los trabajadores y de las condiciones que contribuyen a que tengan una mayor exposición a vapor de mercurio.

Para ello durante la ejecución de dichas actividades se observará en campo y de manera directa aquellos hábitos que son frecuentes en los trabajadores, luego se buscará cuantificar estos hábitos mediante la medición con el equipo de lectura directa Jerome para ver la concentración de vapor de mercurio a la cual están expuestos los trabajadores. De manera similar se realizará para las condiciones identificadas.

A partir de los hábitos críticos y condiciones identificados, se plantearán las medidas correctivas para corregirlos y/o eliminarlos, con lo cual se busca reducir la exposición a vapor de mercurio en los trabajadores, después de la implementación de dichas medidas se medirá la concentración de vapor de mercurio para evaluar su efectividad.

Para apuntar los resultados de esta medida de control, se plantea la creación de un formato simple que nos permitirá conocer el antes y el después de la modificación de los hábitos de los trabajadores.

Formato 3. Hábitos más críticos de los trabajadores y/o condiciones durante las actividades de cosecha retorta y fundición, y acciones correctivas

N°	Descripción (hábito o condición)	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Acción correctiva	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

5.4.3. Realización de dosimetrías para medir concentraciones de vapor de mercurio (evaluación del nivel de riesgo)

Se medirá los niveles de concentración de vapor de mercurio mientras se ejecuten las actividades mediante la realización de dosimetrías de mercurio. Estas evaluaciones se realizarán principalmente a personal de Planta que participe en las actividades de cosecha, retorta y fundición.

Para evaluar correctamente el riesgo es necesario primero determinar el TLV – TWA ajustado al sistema de trabajo de la unidad minera estudiada de acuerdo a lo descrito en los **incisos a) y b) del punto 5.3.5**. Para la corrección se usará el modelo OSHA (**ver punto 2.4**)

Tabla 17. Cálculo del TLV – TWA corregido de acuerdo al modelo OSHA

Datos generales de la empresa	
Horas de trabajo diario	11 h
Días de trabajo	14 días
Días de descanso	7 días
Horas trabajadas	144 h
Horas semanales	48 h
Corrección por tiempo real de trabajo – modelo OSHA	
TLV – TWA (Hg)	0.025 mg/m ³
TLV – TWA (Hg) corregido	0.0208 mg/m³

Como se puede notar, el TLV – TWA para vapor de mercurio corregido es de 0.0208 mg/m³ debido a las correcciones hechas por la jornada real de trabajo en la unidad minera y de acuerdo a lo descrito por el modelo OSHA.

La estimación del nivel de riesgo a la salud se determinará de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 18. Criterios para la determinación del nivel de riesgo

Concentración de vapor de mercurio (mg/m ³)	Nivel de Riesgo	Interpretación
$0 \leq [\text{Hg}] \leq 0.0104$	Bajo	Corresponde a una concentración menor al 50 % del valor límite máximo permisible por debajo del cual no hay riesgo a la salud.
$0.0104 < [\text{Hg}] \leq 0.0208$	Medio	Nivel de acción, Corresponde a una concentración entre el 50% y 100% del valor límite permisible a partir del cual se deben empezar a tomar medidas preventivas. (AIHA 2006)
$0.0208 < [\text{Hg}] \leq 0.1040$	Alto	Corresponde a una concentración por encima del 100% del valor límite permisible a partir del cual se deben tomar medidas de acción inmediata.
$0.1040 < [\text{Hg}]$	Muy Alto	Corresponde a una concentración por encima de 5 veces el valor límite permisible a partir del cual puede ser inmediatamente peligroso para la salud.

Cabe resaltar que la unidad minera no cuenta con equipos para la realización de dosimetrías de vapor de mercurio, por lo que se optará por

hacer la evaluación con una empresa que cumpla con los criterios mínimos de acuerdo a las metodologías OSHA ID-140 y NIOSH 6009, y de acuerdo a los criterios técnicos de higiene ocupacional del equipo de trabajo que realizará este estudio.

a) Según OSHA ID-140

En este caso se realizará los monitoreos con dosímetros pasivos o también conocidos como captadores pasivos. Se deberá de cumplir mínimo con los siguientes requisitos técnicos:

- Se usará en ambientes de trabajo que no tenga presencia de gases, incluido el cloro.
- Los ambientes de trabajo donde se evaluará no deberán de tener una velocidad de viento mayor a 3.81 m/s.
- De acuerdo a la metodología con un flujo de 0.2 L/min y un volumen máximo de 9.6 L se tiene un tiempo de monitoreo por captador de 8 horas, sin embargo, por las altas concentraciones de vapor de mercurio en refinería se monitoreará máximo 4 horas por captador.
- Preferentemente se evaluará bajo esta metodología aquellas actividades realizadas en refinería debido a que la velocidad del viento se mantiene por debajo de la restricción y no hay presencia de otros gases, a diferencia de la zona de ADR en la que la velocidad de viento es cambiante y por la presencia de otros gases que contienen cloro y cianuro de hidrógeno.

b) Según NIOSH 6009

Para monitorear bajo esta metodología se deberá de cumplir mínimo con los siguientes requisitos técnicos:

- Para trabajar bajo esta metodología, se usaran muestras con tubos adsorbentes de hopcalita que sirve de medio de captación para el mercurio.

- Bombas calibradas a un flujo de 0.25 L/min.
- Las bombas serán calibradas (pre y post verificación del flujo) e instaladas en la unidad minera.
- Tiempo máximo de monitoreo por filtro de acuerdo a la metodología será de 6.6 horas.
- Se cubrirá como mínimo el 70% de la jornada laboral (7.7 horas) para ejecutar los monitoreos o de acuerdo a la actividad realizada en caso haya solo que monitorear una tarea en particular.
- Bajo esta metodología se evaluarán aquellos puestos en los que la velocidad del viento supere los 3.81 m/s.
- Preferentemente se evaluará bajo esta metodología aquellas actividades que se realicen en la zona de ADR, excepcionalmente se considerará a las que se realicen en refinería.

En este estudio también se considerará evaluar los niveles de riesgo por exposición a vapor de mercurio en las áreas donde se rota al personal como son Lixiviación y Chancado.

5.4.4. Realización de pruebas de sellado de respiradores cuantitativa Portacount

Se realizarán pruebas de sellado de respiradores al 100% de los trabajadores, empezando con aquellos que evidenciaron un incremento en los valores de su IBE. Para este control, todo personal de trabajo que tenga ingreso a planta y que realiza actividades rutinarias, tuvo que pasar las pruebas de validación de respiradores Portacount. Estas pruebas fueron realizadas por un proveedor externo.

Objetivo de la prueba

El objetivo es estandarizar una prueba de ajuste cuantitativa para el uso de respiradores tanto de medio rostro como full face, teniendo en cuenta que la unidad tiene estandarizado el uso de respiradores de medio rostro de la serie 7000 de la marca 3M y para el caso de respiradores full face de

la serie 6000 de la marca 3M, para determinar el uso correcto por parte de los trabajadores y el tamaño adecuado que éstos requieren y tengan una adecuada protección.

Prueba de ajuste cuantitativa para respiradores

Son pruebas que permiten verificar la hermeticidad del sello facial de los respiradores tanto de medio rostro como los full face, considerando el tamaño de estas y haciendo la simulación de una serie de movimientos que simulan a aquellos que realizan durante la ejecución de sus actividades de trabajo.

Equipo Portacount

Este es el equipo que permite calcular una cantidad que se llama factor de ajuste del protector respiratorio, esta cantidad está determinada por la relación entre el número de partículas presentes en el ambiente donde se realizan las pruebas de ajuste y el número de partículas en el interior del protector respiratorio del trabajador que es sometido a la prueba.

De acuerdo a la normativa internacional OSHA 1910.134, establece que dicho factor de ajuste debe ser como mínimo de 100 para respiradores de medio rostro y 500 como mínimo para respiradores full face para validar un adecuado sellado del respirador y también sea la talla adecuada, sin embargo, en la unidad se estableció un nivel mínimo de 150 para respiradores de medio rostro y de 600 para respiradores full face para tener un mayor margen de seguridad en los resultados de las pruebas.

Las pruebas fueron realizadas con el equipo Portacount Pro 8030 de la marca TSI. Cabe resaltar que un proveedor autorizado por 3M se encargó de realizar dichas pruebas. Para ello se empleó el siguiente formato para registrar las evaluaciones:

Formato 4. Registro de prueba de ajuste de respiradores por trabajador

LOGO	REGISTRO DE PRUEBA DE AJUSTE DE RESPIRADORES	Código:	
		Versión:	
		Fecha de aprobación:	
		Páginas:	

Nombre y Apellidos	
Fecha	Empresa
Respirador actual	Puesto de trabajo

El trabajador tiene vello facial, protesis dentales u otros atributos que impidan un ajuste del respirador en forma positiva? _____ Si _____ No

Equipo Fit Test utilizado _____

Modelo de respirador				
Talla de respirador	S	M	L	

Prueba de ajuste				
Comprobación de prueba de ajuste positivo (+)	___ Pasó ___ Fallo			
Comprobación de prueba de ajuste negativo (-)	___ Pasó ___ Fallo			
Respiración normal (60 s)	___ Pasó ___ Fallo			
Respiración profunda (60 s)	___ Pasó ___ Fallo			
Girar la cabeza de lado a lado (60 s)	___ Pasó ___ Fallo			
Mover la cabeza de arriba hacia abajo (60 s)	___ Pasó ___ Fallo			
Hablar o leer con voz fuerte (60 s)	___ Pasó ___ Fallo			
Hacer muecas (15 s)	___ Pasó ___ Fallo			
Doblarse (60 s)	___ Pasó ___ Fallo			
Respiración normal (60 s)	___ Pasó ___ Fallo			
Resultado Fit Test	___ Pasó ___ Fallo			
Factor de ajuste				

Con base en la información proporcionada en este formulario, certifico que el trabajador evaluado puede llevar el equipo de protección respiratoria que pasó la prueba de ajuste

Evaluador	Trabajador
DNI	DNI
Firma	Firma

Pruebas de ajuste de respiradores

Una vez seleccionado el respirador, la OSHA requiere que se realicen 08 ejercicios que simulan los movimientos comunes durante el desarrollo de la jornada laboral, la persona debe seguir los ejercicios por orden cuando el equipo lo indique, cada uno de los ejercicios duran 60 segundos.

En el siguiente cuadro se describen los ejercicios a realizar para validar la prueba de sellado:

Tabla 19. Ejercicios para validación de pruebas de sellado Portacount

Ejercicio	Descripción
1. Respiración normal	La persona debe quedarse sin realizar movimiento, solo respirar de forma normal.
2. Respiración profunda	La persona debe realizar respiraciones profundas y largas como si estuviese haciendo un gran esfuerzo pero sin exagerar y realizar movimiento alguno.
3. Cabeza a un lado y a otro	Se debe respirar de forma normal mientras se gira la cabeza despacio de un lado a otro, de forma que se estiren los músculos del cuello.
4. Cabeza arriba y abajo	Respirar normalmente mientras se mueve la cabeza de arriba hacia abajo.
5. Hablar en voz alta	Se le entrega un texto a la persona evaluada y se le indica que la lea en voz alta.
6. Realizar muecas	La persona evaluada debe realizar gestos o movimientos del rostro realizados con los músculos de la cara como sonreír, fruncir el ceño, entre otras muecas.
7. Inclinarsse y tratar de tocar con las manos los dedos del pie	Se debe inclinar el tronco hacia adelante y con las puntas de los dedos de las manos tratar de tocar las puntas de los pies, todo esto mientras se respira normalmente.
8. Respiración normal	Se debe repetir e primer ejercicio

Cada tipo de ejercicio se repite durante los 60 segundos que dura cada ejercicio.

Resultados de la prueba

Al final de la prueba, el equipo muestra el resultado de la prueba en el cual muestra el factor de ajuste para cada tipo de ejercicio, el factor de ajuste global y si la prueba fue superada o no.

En caso el factor de ajuste global sea mayor al mínimo establecido por la unidad para cada tipo de respirador, entonces se valida la prueba y la talla del respirador para el trabajador, quedando registrado esta; si el factor de ajuste global es menor al mínimo establecido, se sigue realizando la prueba al trabajador hasta encontrar la talla adecuada para él.

5.4.5. Establecimiento de medidas de control para personal durante el desarrollo de actividades críticas (cosecha, retorta y fundición)

A partir de la identificación de los hábitos de higiene y las actividades críticas que implican mayor exposición a vapor de mercurio, se implementará una serie de medidas de control para cada actividad crítica identificada, en este caso las actividades de cosecha, retorta y fundición. Para ello se utilizará el siguiente formato creado:

Formato 5. Registro de control de exposición a vapor de mercurio en actividades críticas

IT	DETALLE	Si/No	Hora	CONCENTRACIÓN Hg (mg/m ³)	COMENTARIO
FORMATO <i>CONTROL DE EXPOSICIÓN A VAPOR DE Hg</i>					
Codigo: _____					
Version: _____					
Fecha de aprobación: _____					
Paginas: 1					
Efectuado por: _____			Firma: _____		
Fecha: _____					
ACTIVIDADES:					
Cosecha (C)					
1	El operador cosechador utiliza la hidrolavadora para el lavado de la celdas				
2	Los operadores rotan durante el lavado de las celdas electrolíticas				
3	El operador cosechador humedece las lapas de las celdas cerradas que ya han sido lavadas y cerradas				
4	Los trabajadores limpian con agua constantemente los trajes impermeables (Tychem) durante los descansos				
5	Los pisos de la Refinería permanecen humedecidos por los aspersores de agua				
6	En la cosecha del filtro prensa los operadores trabajan con ventiladores portátiles y rotan de lugar				
7	Para diluir parte de la amalgama se manguerea constantemente el fondo de las celdas				
8	Se retira la amalgama del fondo de las celdas utilizando recogedores				
Retorta					
9	Los colaboradores cargan las bandejas limpias con cemento electrolítico				
10	Los colaboradores ingresan las bandejas con cemento a la entrada del horno de retorta con ayuda del montacargas				
11	Los trabajadores empujan las bandejas hacia el interior del horno con varillas				
12	Los trabajadores retiran las bandejas retorteadas de la entrada del horno con ayuda del montacargas				
13	Al finalizar la retorta las bandejas vacías son lavadas con detergente y se verifica concentración final de Hg con Jerome				
14	Se lava el horno retorta con escobilla, agua y detergente				
15	Los trabajadores realizan la mezcla del flux para el fundente cuando está frío				
Fundición					
16	El homero verifica que el sistema de extracción del horno Pillar funcione correctamente				
17	El homero echa el precipitado seco en bolsas de 10 kg al horno Pillar.				
18	Los trabajadores se alejan de la zona de fundición mientras se funde el precipitado				
19	Previo a la salida de la refinería los trabajadores se retiran la capucha de fundición, apps y los almacenan en un área alejada de la zona de fundición				
20	Los trabajadores utilizan en la jornada 01 cambio de traje de fundición				
21	Se lava el camio de lingoteras utilizadas con detergente y se verifica concentración final de Hg con Jerome				
Comportamientos seguros de trabajos					
22	Previo al ingreso a Refinería los trabajadores ingresan con los trajes tyvek/tychem/ fundición limpios lavados y colocados adecuadamente				
23	Previo a cada uso del respirador los trabajadores realizan las Pruebas de sellado de Presión + y -				
24	Durante y al finalizar las actividades, los trabajadores realizan la limpieza del respirador				
25	Durante las actividades los trabajadores van al Centro de Control/Garita ADR a rehidratarse				
26	Los trabajadores descansan en la zona ventilada cerca a la puerta enrollable				
27	Al finalizar las actividades los trabajadores lavan los Overoles /Trajes de fundición (2 lavadas)				
28	Al finalizar las actividades los trabajadores lavan las botas y guantes de caña larga y los almacenan en los estantes del vestuario				

El formato anterior, se usará cada vez que se desarrollen actividades críticas, básicamente es una lista de verificación de cumplimiento de comportamientos seguros para lo cual a los trabajadores se les capacitará previamente para que tengan conocimiento sobre dichos comportamientos, a la par se irá midiendo las concentraciones de vapor de Hg con el equipo Jerome que será anotado en el formato para medir si el comportamiento seguro implica una reducción en el nivel de riesgo de acuerdo al límite máximo permisible corregido.

5.4.6. Implementación de instructivo de vigilancia médica para trabajadores expuestos a vapores de mercurio

El instructivo tiene como objetivo principal en de determinar las acciones específicas a tomar de manera preventiva para evitar los efectos a la salud debido al riesgo por exposición a vapor de mercurio en trabajadores expuestos en la unidad minera.

En este instructivo se fijan los valores límites IBE y de acuerdo a ello se toman las acciones correspondientes. En este contexto es preciso remarcar que el límite de acuerdo a normativa nacional es de 35 $\mu\text{g/gCreat}$ (RM 757-2013-MINSA), sin embargo, como mencionó anteriormente en la unidad se fijó un valor más restrictivo de 25 $\mu\text{g/gCreat}$.

También entra a tallar unas definiciones importantes para clasificar a los trabajadores que se llaman grupo de **Activos** y grupo de **No Exposición**. Según estas definiciones se tendrá un mejor control con el cuadro de reporte diario IBE (**ver punto 5.4.1**).

a) **Activos:** Grupo de trabajadores con exposición puntual, poco frecuente o de aquellos que dentro de su guardia realizan actividades continuas dentro de áreas de exposición a vapor de mercurio. Los IBE de este grupo se encuentran por debajo del límite permisible fijado para la unidad.

b) **No exposición:** Grupo de trabajadores que reportaron valores IBE por encima del límite permisible establecido para la unidad, son rotados a áreas sin riesgo de exposición a vapor de mercurio. Cabe resaltar que estos trabajadores fueron del grupo de Activos y ya en este nuevo grupo se les da seguimiento con el objetivo que reduzcan sus IBE y puedan regresar a dicho grupo.

Para la recolección de las muestras de orina se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones con el apoyo del personal de salud de la unidad minera:

- La toma de muestra se realizará en tópico de la unidad y con la orientación del personal de salud.
- Las tomas de muestras se realizarán al primer día de la guardia, al séptimo día y al 14avo día.
- El personal de salud anotará los datos personales del trabajador y entregará un envase para que dicho trabajador recolecte su muestra.
- El envase para recolectar la muestra es de polietileno y estéril, entregado por el laboratorio que realiza los análisis de las muestras.
- Se deberá recolectar mínimo 50 ml de orina para muestras puntuales y 2000 ml para muestras de 24 horas en caso se requieran.
- Después de la recolección se procederá a refrigerar la muestra hasta el envío al laboratorio que realizará el análisis.

Las acciones a seguir para los trabajadores con riesgo de exposición a vapor de mercurio serán las siguientes:

Acciones a seguir según el resultado IBE para mercurio en orina:

Cuando $15 < \text{IBE} \leq 25$ ($\mu\text{g/gCreat}$):

- Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de desvíos que condicionan la exposición a vapor de mercurio.

Evaluación de actividades del trabajador que tienen riesgo de exposición a vapor de mercurio.

- Capacitación del trabajador sobre medidas de higiene y protección respiratoria.

Cuando $25 < \text{IBE} \leq 35$ ($\mu\text{g/gCreat}$):

- Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de desvíos que condicionan la exposición a vapor de mercurio.
- Restringir el ingreso del trabajador al área de exposición, para ello se le rotará de área (el trabajador ingresa al grupo de No Exposición).
- Capacitación del trabajador sobre medidas de higiene y protección respiratoria.
- Evaluación clínica por el médico ocupacional de la unidad minera.
El trabajador podrá regresar al área de exposición cuando su IBE se normalice encontrándose por debajo de $15 \mu\text{g/gCreat}$. En dos rotaciones de guardia consecutivas.
- El trabajador no podrá retornar al área de exposición hasta obtener un informe médico de aptitud clínica por el médico ocupacional de la unidad minera.

Cuando $35 < \text{IBE} \leq 100$ ($\mu\text{g/gCreat}$):

- Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de desvíos que condicionan la exposición a vapor de mercurio.
- Restringir el ingreso del trabajador al área de exposición, para ello se le rotará de área (el trabajador ingresa al grupo de No Exposición).
- Capacitación del trabajador sobre medidas de higiene y protección respiratoria.
- Evaluación clínica por el médico ocupacional de la unidad minera y por especialistas externos.
- El trabajador podrá regresar al área de exposición cuando su IBE se normalice encontrándose por debajo de $15 \mu\text{g/gCreat}$. En dos rotaciones de guardia consecutivas.

- El trabajador no podrá retornar al área de exposición hasta obtener un informe médico de aptitud clínica determinando la función renal y neurológica.

Cuando $100 < \text{IBE } (\mu\text{g/gCreat})$:

- Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de desvíos que condicionan la exposición a vapor de mercurio.
- Restringir el ingreso del trabajador al área de exposición, para ello se le rotará de área (el trabajador ingresa al grupo de No Exposición).
- Capacitación del trabajador sobre medidas de higiene y protección respiratoria.
- Evaluación clínica por el médico ocupacional de la unidad minera y por especialistas externos.

Control de toma de muestra de orina de 24 horas al inicio de cada guardia hasta que el IBE se normalice encontrándose por debajo de $15 \mu\text{g/gCreat}$ en dos rotaciones de guardia consecutivos, luego control de orina de 24 horas semestral independientemente del control periódico.

El trabajador no podrá retornar al área de exposición hasta obtener un informe médico de aptitud clínica determinando la función renal y neurológica.

5.4.7. Capacitación en uso adecuado de protección respiratoria

La principal vía de exposición a vapor de mercurio es la vía inhalatoria, por lo cual la protección respiratoria toma relevancia entre las medidas de control y para tener una adecuada efectividad, es necesario contar con el protector respiratorio adecuado y hacer hincapié en fomentar a los trabajadores el uso adecuado de este, esto también complementado con la ejecución de las pruebas de sellado de respiradores mencionado en el **punto 5.4.4.**

Los trabajadores cuentan con el protector respiratorio adecuado de la marca 3M en las series 7000 (protector respiratorio de medio rostro) y 6000

(protector respiratorio de rostro completo), provistos con cartuchos 3M 6009S (protege contra vapor de mercurio y cloro gaseoso).

De acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante para protección respiratoria, las concentraciones límites del agente a la cual puede proteger dichos elementos es la siguiente:

- Para medio rostro:** hasta 10 veces el TLV - TWA.
- **Para rostro completo:** hasta 50 veces el TLV - TWA.

Según la especificación anterior y teniendo en cuenta que las concentraciones de vapor de mercurio en ocasiones supera 10 veces el TLV – TWA corregido para vapor de mercurio, se opta por usar de forma permanente respirador de rostro completo para cualquier actividad que sea ejecutada en Refinería y la zona de ADR.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, es necesario que los trabajadores tengan conocimiento pleno del uso adecuado de protección respiratoria, por lo que se deberá asegurar que la totalidad de trabajadores que ingresan a Refinería y a la zona de ADR tengan dicho conocimiento.

6. CAPITULO VI. RESULTADOS DEL ESTUDIO

6.1. Fuentes de exposición identificadas

Se analizaron los valores medidos en el año 2016 con el equipo de lectura directa y se presentan en promedios mensuales por punto de monitoreo (ver tabla N° 07, punto 5.3.1), estos valores nos permitieron conocer las principales fuentes de exposición de vapor de mercurio en la zona de Refinería y de ADR al notarse que las concentraciones se encontraban por encima del límite máximo permisible. Tener en cuenta la siguiente leyenda:

Tabla 20. Criterios para la determinación del nivel de riesgo

Concentración de vapor de mercurio (mg/m ³)	Color del número	Interpretación
$0 \leq [\text{Hg}] \leq 0.0104$	Negro	Corresponde a una concentración menor al 50 % del valor límite máximo permisible.
$0.0104 < [\text{Hg}] \leq 0.0208$	Naranja	Corresponde a una concentración entre el 50% y 100% del valor límite permisible.
$0.0208 < [\text{Hg}] \leq 0.1040$	Rojo	Corresponde a una concentración por encima del 100% del valor límite permisible.
$0.1040 < [\text{Hg}]$	Violeta	Corresponde a una concentración por encima de 5 veces el valor límite permisible.

Tabla 21. Concentración mensual de vapor de mercurio por punto de monitoreo (Año 2016)

Mes	Concentración de vapor de mercurio en el aire (mg/m ³)																
	Refinería						Planta ADR										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17
Febrero	0.0994	0.0933	0.0994	0.0956	0.0934	0.0420	0.0907	0.0169	0.0190	0.0189	0.0389	0.0386	0.0419	0.0359	0.0423	0.0517	0.0531
Marzo	0.1400	0.1359	0.1364	0.1287	0.1131	0.0306	0.0306	0.0173	0.0212	0.0167	0.0231	0.0625	0.1233	0.0205	0.0290	0.0261	0.0231
Abril	0.1335	0.1548	0.1605	0.1623	0.1108	0.0786	0.1047	0.0227	0.0288	0.0538	0.0437	0.0369	0.0964	0.0676	0.0569	0.0262	0.0185
Mayo	0.1472	0.1252	0.1369	0.1319	0.1057	0.0366	0.0781	0.0139	0.0149	0.0223	0.0224	0.0227	0.0317	0.0334	0.0341	0.0244	0.0244
Junio	0.1615	0.1657	0.1589	0.1572	0.1272	0.0599	0.0532	0.0067	0.0085	0.0087	0.0188	0.0157	0.0253	0.0221	0.0150	0.0183	0.0184
Julio	0.1364	0.1476	0.1420	0.1445	0.1219	0.0440	0.0406	0.0090	0.0128	0.0180	0.0279	0.0785	0.0562	0.0173	0.0304	0.0218	0.0197
Agosto	0.1062	0.1162	0.1072	0.1083	0.1049	0.0230	0.0464	0.0076	0.0082	0.0124	0.0246	0.1301	0.1373	0.0266	0.0244	0.0588	0.0645
Setiembre	0.0607	0.0594	0.0470	0.0438	0.0425	0.0157	0.0340	0.0054	0.0067	0.0172	0.0198	0.0352	0.0348	0.0138	0.0190	0.0313	0.0341
Octubre	0.0417	0.0369	0.0201	0.0163	0.0125	0.0079	0.0197	0.0059	0.0054	0.0070	0.0134	0.0121	0.0154	0.0086	0.0097	0.0142	0.0141
Noviembre	0.0580	0.0417	0.0262	0.0206	0.0188	0.0125	0.0190	0.0049	0.0056	0.1367	0.0110	0.0111	0.0144	0.0051	0.0077	0.0080	0.0088
Diciembre	0.0596	0.0541	0.0504	0.0269	0.0240	0.0139	0.0190	0.0084	0.0063	0.0067	0.0199	0.0208	0.0085	0.0157	0.0186	0.0187	0.0119
Promedio	0.1040	0.1028	0.0986	0.0942	0.0795	0.0331	0.0487	0.0108	0.0125	0.0289	0.0239	0.0422	0.0532	0.0242	0.0261	0.0272	0.0264

De la tabla anterior, se puede notar que entre los meses de marzo y agosto los valores de la concentración de vapor de mercurio en refinería se encontraron por encima de cinco veces el valor del TLV-TWA para mercurio, cabe resaltar que en los meses de setiembre hasta diciembre, se hallaron valores por encima del límite máximo permisible para las zonas de refinería y ADR. Esto presupone que en ambas zonas el riesgo por exposición a vapor de mercurio es alto.

Además, mencionar que el análisis de estos valores muestra que ambas zonas se encontraban con altas concentraciones de vapor de mercurio y en contraste con los incrementos en los IBE para mercurio de los trabajadores, llevó a que se tenga que implementar las medidas de control que se mencionan en este estudio.

6.2. Análisis de resultados de monitoreos con equipo de lectura directa

Durante el año 2017, se continuaron con los monitoreos de vapor de mercurio con el medidor de lectura directa Jerome, durante y después de la implementación de las medidas de control obteniéndose los siguientes valores mensuales y anuales:

Tabla 22. Concentración mensual de vapor de mercurio por punto de monitoreo (Año 2017)

Mes	Concentración de vapor de mercurio en el aire (mg/m ³)																
	Refinería						Planta ADR										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17
Enero	0.0192	0.0159	0.0124	0.0107	0.0096	0.0050	0.0103	0.0025	0.0035	0.0031	0.0073	0.0025	0.0010	0.0050	0.0058	0.0061	0.0058
Febrero	0.0190	0.0172	0.0170	0.0118	0.0076	0.0042	0.0090	0.0022	0.0031	0.0028	0.0056	0.0018	0.0018	0.0037	0.0054	0.0050	0.0055
Marzo	0.0130	0.0134	0.0138	0.0129	0.0105	0.0044	0.0052	0.0031	0.0051	0.0038	0.0052	0.0033	0.0033	0.0042	0.0061	0.0062	0.0069
Abril	0.0091	0.0088	0.0084	0.0071	0.0062	0.0039	0.0043	0.0040	0.0049	0.0040	0.0063	0.0041	0.0042	0.0048	0.0052	0.0046	0.0047
Mayo	0.0162	0.0154	0.0126	0.0108	0.0102	0.0060	0.0075	0.0057	0.0057	0.0047	0.0091	0.0040	0.0042	0.0049	0.0069	0.0059	0.0062
Junio	0.0160	0.0149	0.0137	0.0131	0.0104	0.0083	0.0101	0.0076	0.0081	0.0069	0.0118	0.0054	0.0055	0.0071	0.0093	0.0069	0.0073
Julio	0.0159	0.0158	0.0134	0.0140	0.0115	0.0088	0.0108	0.0078	0.0087	0.0091	0.0133	0.0067	0.0062	0.0085	0.0107	0.0086	0.0087
Agosto	0.0126	0.0120	0.0099	0.0096	0.0088	0.0078	0.0099	0.0075	0.0079	0.0075	0.0117	0.0063	0.0057	0.0080	0.0095	0.0077	0.0081
Setiembre	0.0121	0.0115	0.0101	0.0096	0.0086	0.0077	0.0091	0.0075	0.0084	0.0078	0.0112	0.0068	0.0061	0.0097	0.0103	0.0083	0.0079
Octubre	0.0131	0.0123	0.0110	0.0104	0.0097	0.0084	0.0104	0.0085	0.0096	0.0091	0.0127	0.0077	0.0068	0.0109	0.0111	0.0101	0.0096
Noviembre	0.0105	0.0098	0.0081	0.0087	0.0076	0.0072	0.0086	0.0072	0.0081	0.0080	0.0115	0.0073	0.0064	0.0096	0.0102	0.0086	0.0079
Diciembre	0.0097	0.0090	0.0081	0.0078	0.0074	0.0070	0.0083	0.0075	0.0083	0.0079	0.0103	0.0064	0.0066	0.0092	0.0104	0.0087	0.0090

Tabla 23. Concentración promedio anual de vapor de mercurio por punto de monitoreo

Concentración de vapor de mercurio en el aire (mg/m ³)																	
	Refinería						Planta ADR										
Año	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17
2016	0.1040	0.1028	0.0986	0.0942	0.0795	0.0331	0.0487	0.0108	0.0125	0.0289	0.0239	0.0422	0.0532	0.0242	0.0261	0.0272	0.0264
2017	0.0139	0.0130	0.0115	0.0105	0.0090	0.0066	0.0086	0.0059	0.0068	0.0062	0.0096	0.0052	0.0048	0.0071	0.0084	0.0072	0.0073
% de reducción por punto	86.69%	87.37%	88.32%	88.81%	88.67%	80.21%	82.30%	45.04%	45.69%	78.49%	59.72%	87.69%	90.95%	70.62%	67.76%	73.48%	72.36%
% de reducción por zona	86.68%						70.37%										

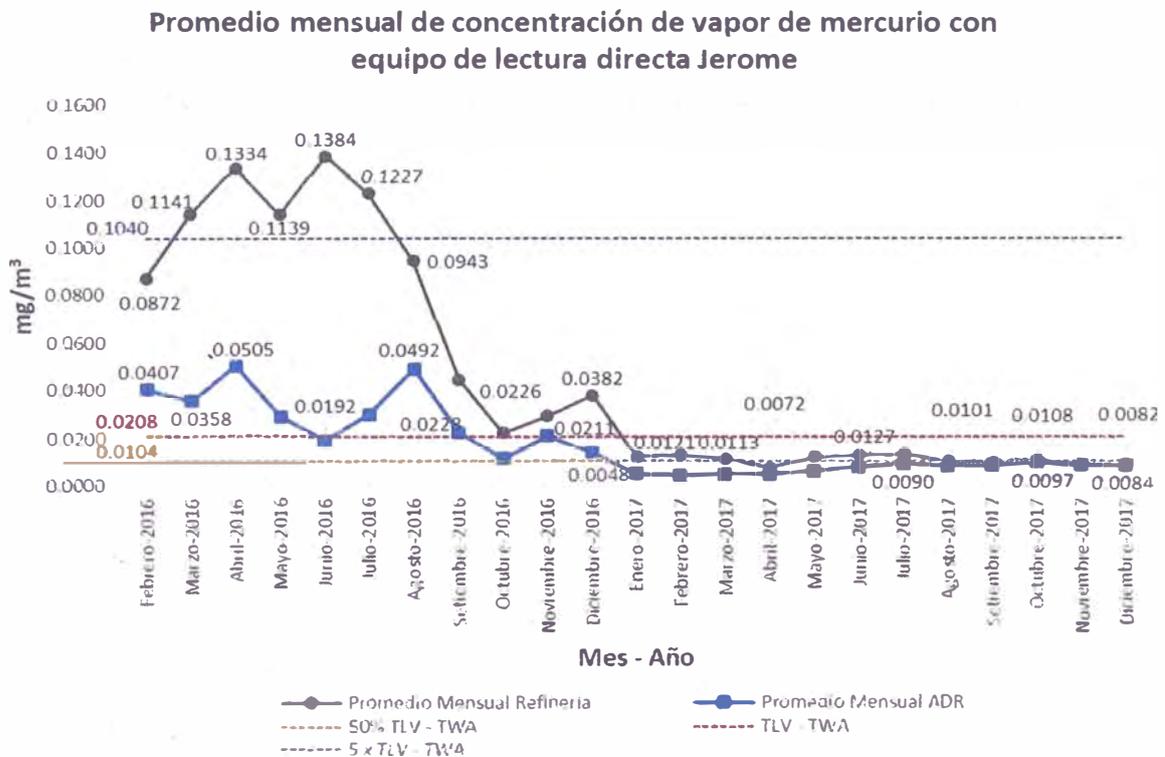
De la tabla 22, se puede notar que durante el año 2017, los valores mensuales monitoreados con el equipo de lectura directa Jerome en los puntos ya establecidos en el punto 5.3.1 (tabla N° 07), se encuentran por debajo del límite máximo permisible. De la tabla 23, se puede notar que en la zona de Refinería la concentración de vapor de mercurio en el aire se redujo en un 86.68% y en Planta ADR se redujo en un 70.37% entre los años 2016 y 2017 respectivamente.

A continuación se presenta en una tabla y un gráfico la concentración promedio mensual por año y por zona, así como también de los valores máximos.

Tabla 24. Promedio mensual de concentración de vapor de mercurio con equipo de lectura directa Jerome en Refinería y ADR

Mes - Año	Promedio Mensual Refinería	Promedio Mensual ADR
Febrero-2016	0.0872	0.0407
Marzo-2016	0.1141	0.0358
Abril-2016	0.1334	0.0505
Mayo-2016	0.1139	0.0293
Junio-2016	0.1384	0.0192
Julio-2016	0.1227	0.0302
Agosto-2016	0.0943	0.0492
Setiembre-2016	0.0449	0.0228
Octubre-2016	0.0226	0.0114
Noviembre-2016	0.0297	0.0211
Diciembre-2016	0.0382	0.0140
Enero-2017	0.0121	0.0048
Febrero-2017	0.0128	0.0042
Marzo-2017	0.0113	0.0048
Abril-2017	0.0072	0.0046
Mayo-2017	0.0119	0.0059
Junio-2017	0.0127	0.0078
Julio-2017	0.0132	0.0090
Agosto-2017	0.0101	0.0082
Setiembre-2017	0.0099	0.0085
Octubre-2017	0.0108	0.0097
Noviembre-2017	0.0086	0.0085
Diciembre-2017	0.0082	0.0084

Gráfico 1. Evolución mensual de concentración de vapor de mercurio con equipo de lectura directa Jerome en Refinería y ADR



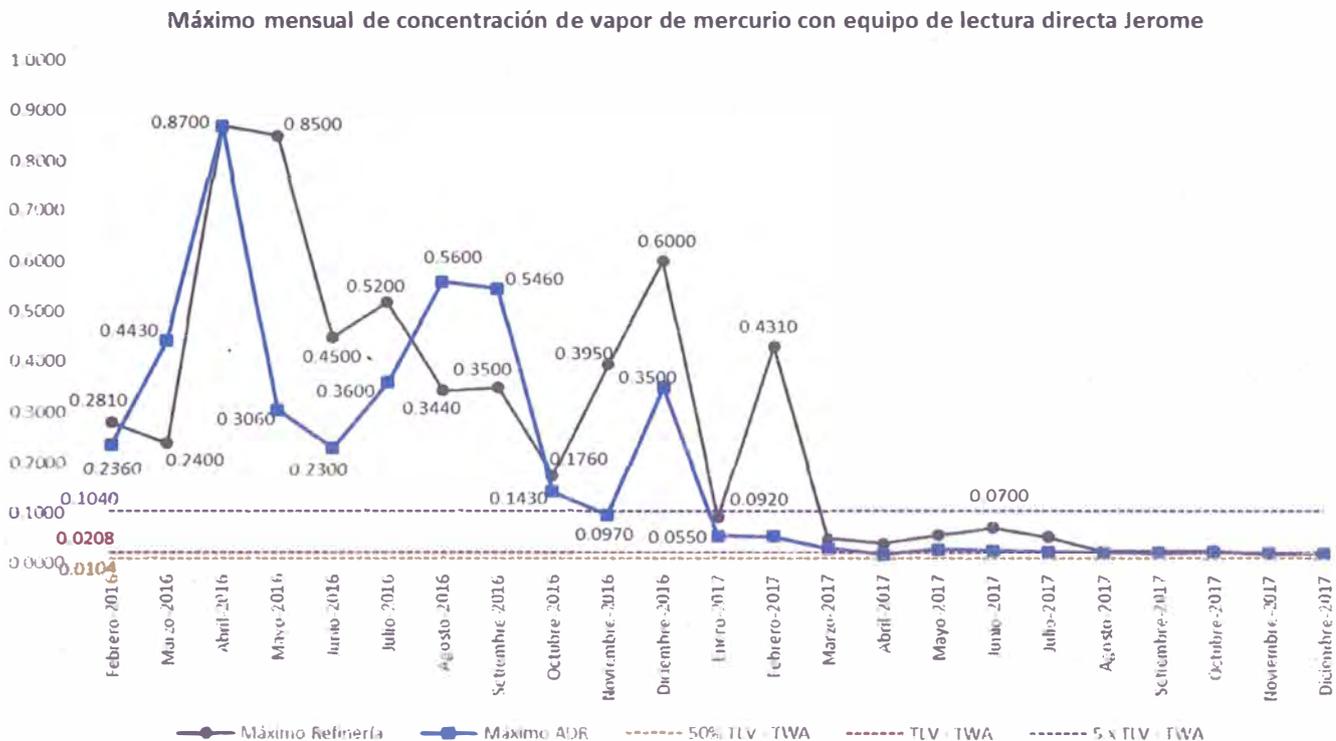
Se puede notar que en el año 2016, los promedios mensuales se encontraron por encima del TLV - TWA en ambas zonas, en el caso de refinería entre los meses de marzo y julio los valores excedieron 5 veces el TLV - TWA.

En el año 2017, en refinería, entre enero y octubre los valores en refinería se mantienen por debajo del TLV - TWA pero por encima del 50% de dicho límite (nivel de acción); en noviembre y diciembre los valores ya se encontraron por debajo del nivel de acción. Mientras que en ADR a partir de diciembre del 2016 a diciembre del 2017 los valores se redujeron hasta estar por debajo del nivel de acción.

Tabla 25. Máximo mensual de concentración de vapor de mercurio con equipo de lectura directa Jerome en Refinería y ADR

Mes – Año	Máximo Refinería	Máximo ADR
Febrero-2016	0.2810	0.2360
Marzo-2016	0.2400	0.4430
Abril-2016	0.8700	0.8700
Mayo-2016	0.8500	0.3060
Junio-2016	0.4500	0.2300
Julio-2016	0.5200	0.3600
Agosto-2016	0.3440	0.5600
Setiembre-2016	0.3500	0.5460
Octubre-2016	0.1760	0.1430
Noviembre-2016	0.3950	0.0970
Diciembre-2016	0.6000	0.3500
Enero-2017	0.0920	0.0550
Febrero-2017	0.4310	0.0540
Marzo-2017	0.0490	0.0300
Abril-2017	0.0400	0.0180
Mayo-2017	0.0560	0.0280
Junio-2017	0.0700	0.0260
Julio-2017	0.0520	0.0240
Agosto-2017	0.0240	0.0220
Setiembre-2017	0.0240	0.0210
Octubre-2017	0.0250	0.0230
Noviembre-2017	0.0190	0.0210
Diciembre-2017	0.0190	0.0190

Gráfico 2. Máximo mensual de concentración de vapor de mercurio con equipo de lectura directa Jerome en Refinería y ADR



Se puede notar que los máximos se mantuvieron por encima del límite máximo permisible hasta Octubre y noviembre del 2017.

El máximo reportado para ambas zonas fue de 0.8700 mg/m³ en abril del 2016, de allí en adelante se puede observar la reducción de los valores máximos.

6.3. Análisis de hábitos laborales más críticos y condiciones durante las actividades de cosecha, retorta y fundición

Durante los meses de febrero y marzo se realizó la identificación de aquellos hábitos en los trabajadores que contribuyen a que tengan una mayor exposición a vapor de mercurio, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 26. Hábitos más críticos de los trabajadores durante las actividades de cosecha, retorta y fundición, y acciones correctivas

N°	Descripción	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Acción correctiva	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)
1	Los trabajadores no lavan los guantes de jebe caña larga al finalizar las actividades en Planta ADR y Refinería, almacenándolo directamente en las sillas del vestuario.	0.010	Lavar los Epps reutilizables con agua después de finalizar la actividad y almacenarlos secos en el vestuario.	0.000
2	Los overoles térmicos del personal que se guardan en el vestuario de Planta ADR emanan de vapores de Hg, debido a que estos no se lavan después de realizar la actividad de cosecha.	0.026	Lavar 02 veces los overoles inmediatamente después de finalizar las actividades y utilizar un segundo cambio.	0.004
3	Los trabajadores al finalizar las actividades de cosecha de celdas electrolíticas no realizan la limpieza de los respiradores de cara completa	-	Se sensibilizó al personal de trabajo respecto a la inspección y limpieza del respirador antes, durante y después de las actividades.	-
4	Durante las actividades de fundición el personal permanece descansando dentro del área de refinería, en zonas donde se registra alta concentración de vapor de Hg, como en las zonas de cercanas al horno de fundición y a las celdas electrolíticas.	0.121	Se estandarizó como punto de descanso la zona contigua a la puerta enrollable de refinería y en centro de control durante las actividades de colada del fundente.	0.013 (puerta enrollable) 0.008 (centro de control)
5	Durante las actividades de fundición se observó que los trabajadores no realizaban las pruebas de sellado de presión positivas y negativa previo al ingreso al área de refinería.	-	Se capacitó y sensibilizó al personal de trabajado respecto a las pruebas de sellado de presión positiva y negativa de los respiradores previo al inicio de sus actividades.	-

N°	Descripción	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Acción correctiva	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)
6	Los trajes Tyvek utilizados en las actividades de cosecha de Celdas electrolíticas mantienen impregnado el vapor de Hg hasta 01 hora después de realizada dicha actividad, los trabajadores no cambian de traje durante la actividad.	0.010	Se estandarizó el uso de trajes lavables Tychem, realizándose su lavado cada vez que el traje se encuentre sucio.	0.001
7	En los trajes azules de fundición se impregna de vapor de Hg durante las actividades de fundición.	0.018	Cada trabajador debe utilizar 02 mudas de trajes de fundición, de modo que el trabajador al finalizar la primera colada cambie de traje.	0.007
8	Los trabajadores realizan el cambio de Epp's para las actividades de fundición en el interior de Refinería y no en centro de control, ocasionando que el overol térmico se impregne de Vapor de Hg del ambiente.	0.012	Colocarse y retirarse los epp's en centro de control previo al ingreso al área de Refinería.	0.001

De este control implementado se puede notar que los hábitos más críticos que fueron identificados y posteriormente modificados, la exposición a vapor de mercurio se redujo en promedio en un 87% y por debajo del límite máximo permisible establecido (0.0208 mg/m³).

Así mismo se identificó aquellas condiciones que implicaban una mayor exposición para los trabajadores, se propuso las medidas correctivas del caso para disminuir dicha exposición. En la siguiente tabla se muestra el resumen de las condiciones identificadas:

Tabla 27. Condiciones más críticas durante las actividades de cosecha, retorta y fundición, y acciones correctivas

N°	Descripción	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Acción correctiva	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)
1	<p>No esta estandarizado la forma del lavado de las celdas electrolíticas: Uno de los dos trabajadores que lavan las celdas utiliza una manguera a presión. Para realizar el lavado requiere agacharse, exponiéndose directamente a los vapores de Hg que se encuentran en el interior de la celda.</p>	0.069	Estandarizar el uso de las hidrolavadoras con lanza de aspersión para realizar la cosecha de celdas electrolíticas.	0.024
2	<p>Falta de Humectación continua de pisos en fuentes críticas de Refinería: - El piso del área de refinería no se encuentra humedecido durante la cosecha de celdas electrolíticas. - Se evidenciaron gotas de mercurio alrededor del piso.</p>	0.030	Implementar sistema de humectación continua por aspersión en todo el piso de refinería, scrubber y celdas electrolíticas.	0.014
3	<p>Durante las actividades de Fundición se observó: -La puerta del horno retorta permanece abierta horas antes de su encendido. - Durante la verificación del funcionamiento del horno pillar, la campana no extrajo los vapores correctamente originando sobreexposición al vapor de Hg. - Entre cada colada de metal líquido, el hornero descansa cerca al área del horno y exponiéndose directamente al sol.</p>	0.287 0.600 0.126	- Se sensibilizó al personal de la supervisión que realice Check list de los equipos críticos. - Ampliación de campana de extracción y previo al uso del horno, el dámper de campana extractor deberá estar abierto. - Se estandarizó punto de descanso la zona contigua a la puerta enrollable.	0.020 0.100 0.013

N°	Descripción	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Acción correctiva	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)
4	Durante la cosecha de celdas electrolíticas el personal ingresa en el interior de la celda para retirar la amalgama remanente en el fondo de la celda con el fin de evitar que el eje de la bomba del filtro prensa se rompa por la carga pesada de la amalgama (aprox 100 kg).	0.121	Implementación de recogedores largos para el retiro de amalgama del fondo de la celda electrolítica.	0.025
5	Después de realizar la limpieza del horno retorta, los trabajadores vuelven a ingresar las bandejas de retorta sucias al horno.	0.150	Lavar las bandejas y almacenarlas fuera del horno de forma que no se vuelva a contaminar el horno retorta.	0.017
6	Los trabajadores retiran las 08 bandejas manualmente del horno retorta exponiéndose directamente a los vapores de Hg durante el retiro de las últimas 04 bandejas ya que tienen que estirarse para alcanzar las bandejas que están en el fondo, exponiendo así la cabeza	0.287	Reducir la carga de bandejas al horno retorta (02 carguíos de 24h c/u).	0.040
7	Se echan de forma continua y directa al horno 04 pequeñas bandejas con el cemento retortado produciéndose derrame del fundente en el piso y vapor de Hg.	0.500	Estandarizar la dosificación del cemento retortado al horno Pillar mediante de bolsas de 10 kg	0.087

Del cuadro anterior se puede notar que las condiciones más críticas que fueron identificados y posteriormente corregidas, la exposición a vapor de mercurio se redujo en promedio en un 80% y por debajo del límite máximo permisible establecido (0.0208 mg/m³) en algunos casos, solo se mantiene por encima del límite en aquellas condiciones cuya actividad está relacionada con la fundición del cemento electrolítico.

6.4. Cantidad de trabajadores evaluados de acuerdo al IBE

Como se mencionó en el punto 5.3.2, en el año 2015 se evaluaron en total a 23 trabajadores y en el año 2016 a 89 trabajadores tanto del área de planta como de Mantenimiento. Para el año 2017 incluyen a más trabajadores para ser evaluados llegando en total a 99, dentro de dicha cantidad están incluidos aquellos trabajadores que fueron evaluados en años anteriores. En las siguientes tablas veremos a detalle la cantidad de trabajadores evaluados tanto por área como por puesto de trabajo y según año:

Año 2015

Tabla 28. Cantidad de trabajadores evaluados del área de Planta - Año 2015

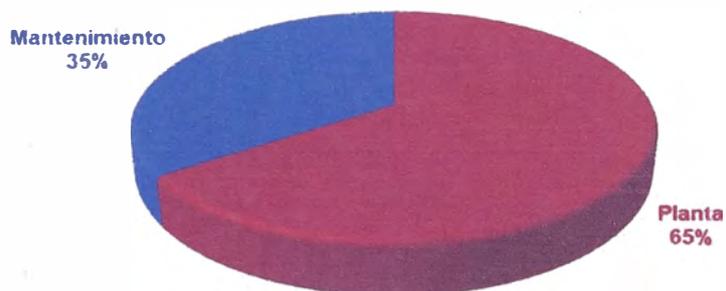
Área	Puesto de Trabajo	Cantidad de trabajadores
Planta	Ingeniero de Guardia Planta	1
	Jefe de Planta	1
	Operador Multifuncional de Planta	9
	Técnico Multifuncional de Planta	4
Total		15

Tabla 29. Cantidad de trabajadores evaluados del área de Mantenimiento - Año 2015

Área	Puesto de Trabajo	Cantidad de trabajadores
Mantenimiento	Mecánico de Producción	2
	Operador de Grúa	1
	Soldador	2
	Técnico Mecánico	3
Total		8

Gráfico 3. Porcentaje de trabajadores evaluados – Año 2015

PORCENTAJE DE EVALUADOS - 2015

**Año 2016****Tabla 30. Cantidad de trabajadores evaluados del área de Planta - Año 2016**

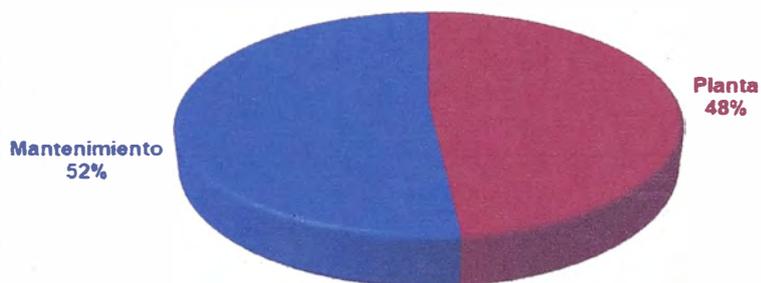
Área	Puesto de Trabajo	Cantidad de trabajadores
Planta	Ingeniero de Guardia Planta	2
	Jefe de Planta	1
	Operador Multifuncional de Planta	28
	Técnico Multifuncional de Planta	12
Total		43

Tabla 31. Cantidad de trabajadores evaluados del área de Mantenimiento - Año 2016

Área	Puesto de Trabajo	Cantidad de trabajadores
Mantenimiento	Mecánico de Producción	11
	Operador de Grúa	1
	Operador de Subestación	3
	Soldador	5
	Supervisor de Mantenimiento	1
	Técnico de Mantenimiento Predictivo	2
	Técnico Electricista	6
	Técnico Instrumentista	3
	Técnico Mecánico	9
	Técnico Supervisor de Mantenimiento	5
Total		46

Gráfico 4. Porcentaje de trabajadores evaluados – Año 2016

PORCENTAJE DE EVALUADOS - 2016

**Año 2017****Tabla 32. Cantidad de trabajadores evaluados del área de Planta - Año 2017**

Área	Puesto de Trabajo	Cantidad de trabajadores
Planta	Ingeniero de Guardia Planta	3
	Jefe de Planta	1
	Operador Multifuncional de Planta	33
	Técnico Multifuncional de Planta	12
Total		49

Tabla 33. Cantidad de trabajadores evaluados del área de Mantenimiento - Año 2017

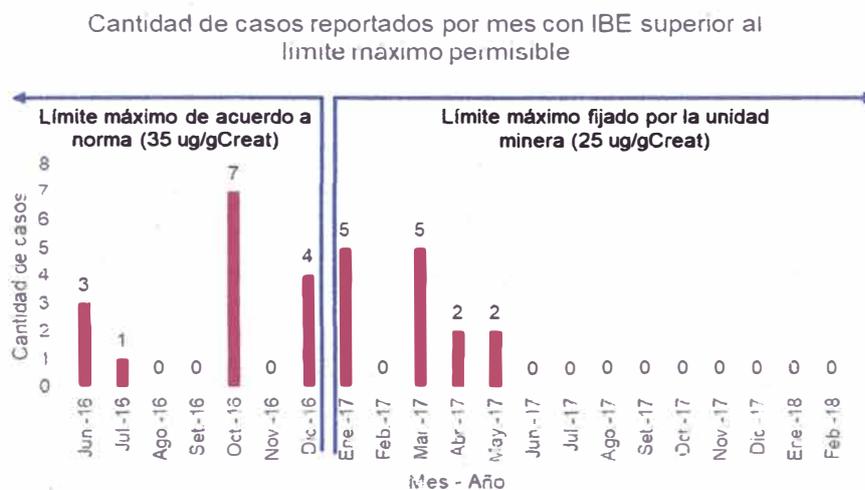
Área	Puesto de Trabajo	Cantidad de trabajadores
Mantenimiento	Mecánico de Producción	11
	Operador de Grúa	1
	Operador de Subestación	4
	Soldador	6
	Supervisor de Mantenimiento	1
	Técnico de Mantenimiento Predictivo	3
	Técnico Electricista	6
	Técnico Instrumentista	3
	Técnico Mecánico	10
	Técnico Supervisor de Mantenimiento	5
Total		50

Gráfico 5. Porcentaje de trabajadores evaluados – Año 2017

6.5. Cantidad de casos por mes de IBE por encima del límite máximo permisible

En esta parte veremos la cantidad de casos que se presentaron en relación al IBE de los trabajadores en cuyo caso reportaron valores por encima del límite permisible entre los años 2016 y 2017, teniendo en cuenta que en el año 2016 se tomaba en cuenta como límite máximo permisible el establecido por normativa nacional y ya para el 2017 esta se volvió más restrictiva de acuerdo a las medidas de control implementadas.

Gráfico 6. Cantidad de casos por mes con IBE por encima del límite máximo permisible según norma nacional y el fijado en la unidad



En el gráfico se muestra el número de casos desde que se reportaron los primeros casos por encima del límite máximo permisible por normativa nacional (**35 ug/gCreat**) en el año 2016. Cabe resaltar que desde enero del 2017 en adelante se consideraron como casos nuevos a aquellos que superaron el valor de **25 ug/gCreat** como límite fijado para la unidad minera. Teniendo en cuenta dicha consideración, en el año 2016 se reportaron 15 casos y en el 2017 se reportaron 14 casos, cabe resaltar que de junio del 2017 en adelante ya no se reportaron más casos ya que los niveles IBE de los trabajadores reportaron valores dentro del límite máximo permisible, y en los meses de agosto, setiembre y noviembre del 2016 no se tomaron muestras de orina.

Cantidad de casos por área y por año

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de casos de IBE por encima del límite máximo permisible por área y año.

Tabla 34. Cantidad de casos por área y por año

Año	Planta	Mantenimiento	Total
2016	9	6	15
2017	10	4	14
Total	19	10	29

En los siguientes gráficos se analiza el porcentaje de casos por área y por año que excedieron el límite máximo permisible:

Gráfico 7. Porcentaje de casos IBE por encima del límite máximo permisible – Año 2016

PORCENTAJE DE CASOS - 2016

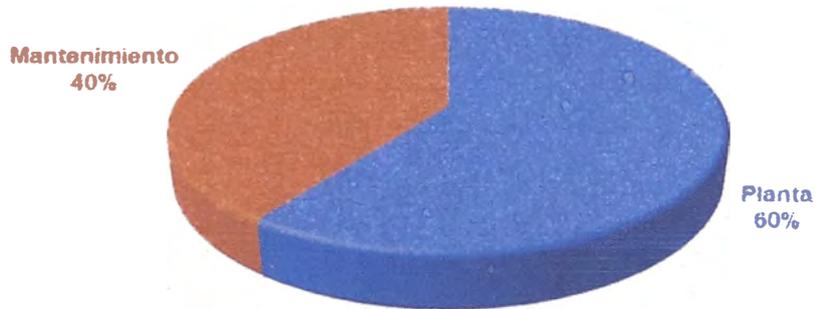
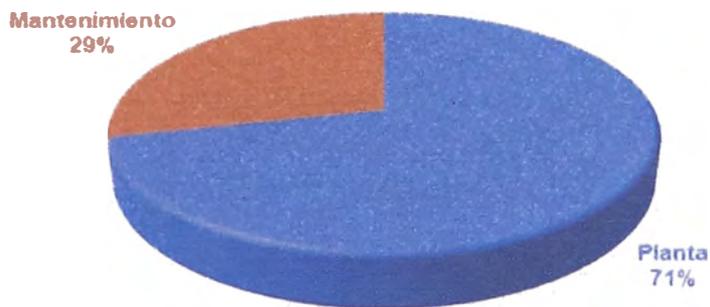


Gráfico 8. Porcentaje de casos IBE por encima del límite máximo permisible – Año 2017

PORCENTAJE DE CASOS - 2017



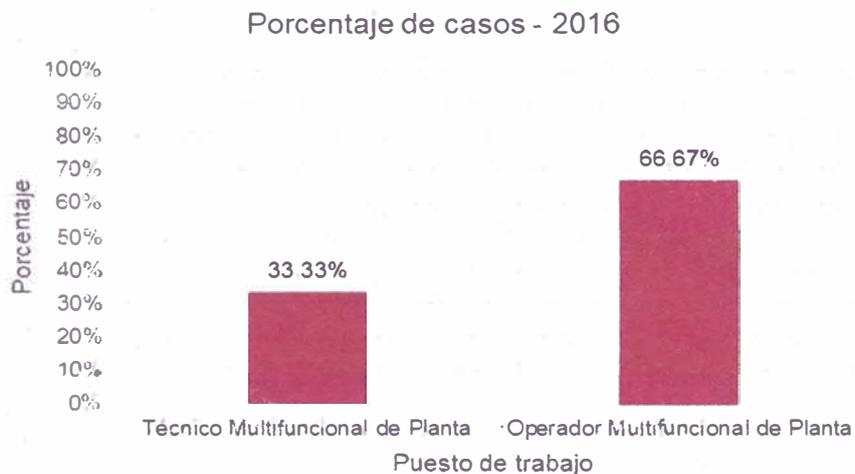
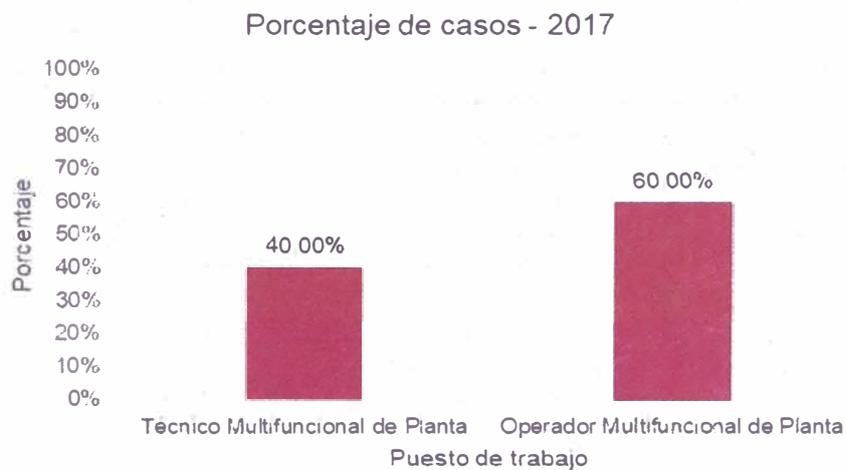
Cantidad de casos por puesto de trabajo (Planta)

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de casos de IBE por encima del límite máximo permisible por área y año, considerando solo trabajadores del área de Planta.

Tabla 35. Cantidad de casos por puesto de trabajo – Planta

Año	Técnico Multifuncional de Planta	Operador Multifuncional de Planta	Total
2016	3	6	9
2017	4	6	10
Total	7	12	19

En porcentaje representa lo siguiente:

Gráfico 9. Porcentaje de casos IBE por encima del límite máximo permisible por puesto de trabajo del área de Planta – Año 2016**Gráfico 10. Porcentaje de casos IBE por encima del límite máximo permisible por puesto de trabajo del área de Planta – Año 2017**

Cantidad de casos por puesto de trabajo (Mantenimiento)

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de casos de IBE por encima del límite máximo permisible por área y año, considerando solo trabajadores del área de Mantenimiento.

Tabla 36. Cantidad de casos por puesto de trabajo – Mantenimiento

Año	Mecánico de Producción	Soldador	Técnico Mecánico	Técnico Supervisor de Mantenimiento	Total
2016	3	2		1	6
2017	1	2	1		4
Total	4	4	1	1	10

En porcentaje representa lo siguiente:

Gráfico 11. Porcentaje de casos IBE por encima del límite máximo permisible por puesto de trabajo del área de Mantenimiento – Año 2016

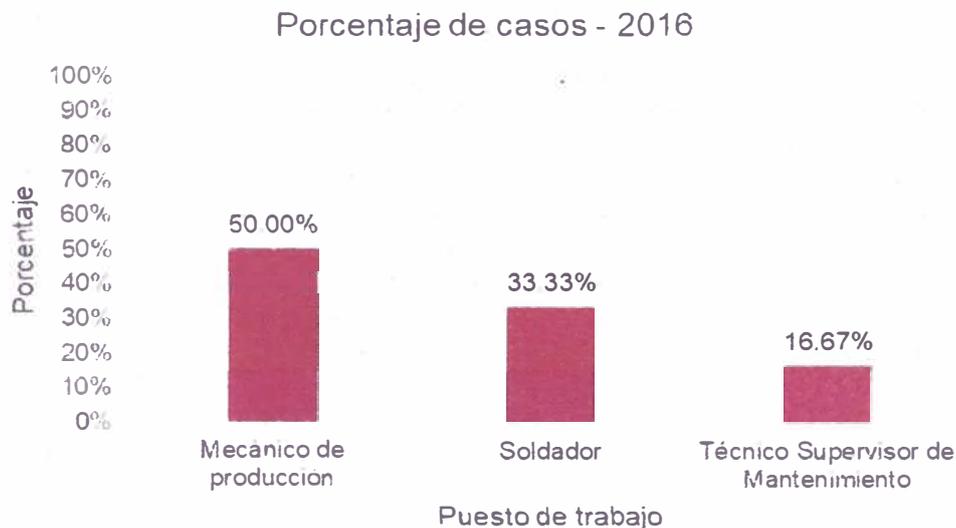
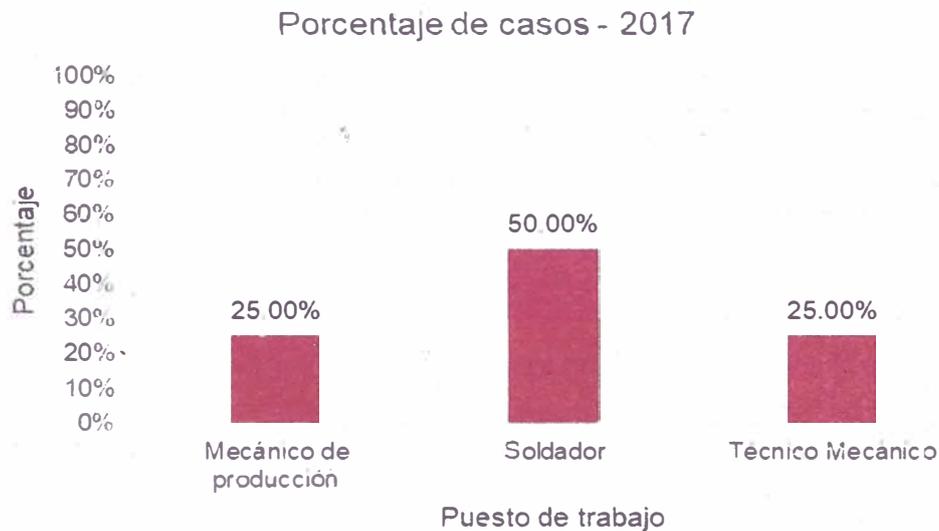


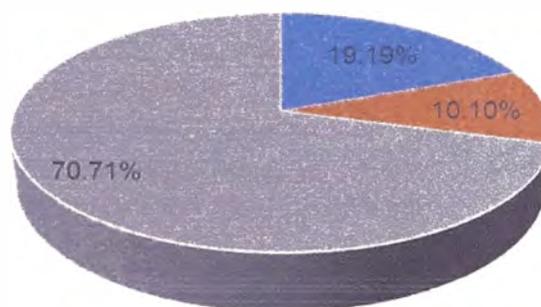
Gráfico 12. Porcentaje de casos IBE por encima del límite máximo permisible por puesto de trabajo del área de Mantenimiento – Año 2017



En resumen de un total de 99 personas evaluadas en el periodo de estudio, 29 trabajadores presentaron valores por encima del límite máximo permisible por lo cual pasaron al grupo de No Expuestos para control en la evolución de sus niveles.

Gráfico 13. Porcentaje de trabajadores con IBE por encima del límite permisible respecto del total de evaluados

Porcentaje de trabajadores evaluados según IBE



- Planta (con IBE por encima del límite permisible)
- Mantenimiento (con IBE por encima del límite permisible)
- Trabajadores con IBE por debajo del límite permisible

6.6. Evolución en los valores de los IBE para mercurio en orina

Para ver la efectividad de los controles implementados, una de las principales actividades es la de analizar la evolución de los IBE para mercurio de cada trabajador y los promedios mensuales junto con el valor máximo reportado en el mes, de acuerdo a los puestos de trabajo descritos en el punto 5.3.3., con el cual se esperó la reducción de aquellos que tenían valores altos en sus indicadores.

A continuación podremos observar la evolución en los valores IBE promedio para mercurio en orina y de aquellos trabajadores que presentaron valores por encima del límite máximo permisible de acuerdo a normativa nacional (**35 $\mu\text{g/gCreat}$**) para este indicador biológico y también de aquellos que evidenciaron valores por encima del límite establecido para la unidad (**25 $\mu\text{g/gCreat}$**).

Tener en cuenta la siguiente leyenda que se aplican a los gráficos mostrados:

Tabla 37. Leyenda de gráficos evolutivos del IBE de los trabajadores

Línea	Significado
-----	Límite máximo permisible IBE para mercurio en orina (35 $\mu\text{g/gCreat}$).
-----	Límite máximo permisible IBE para mercurio en orina de acuerdo al control establecido (25 $\mu\text{g/gCreat}$).
-----	Valor establecido para retorno del trabajador a la zona de exposición (15 $\mu\text{g/gCreat}$).
—————	Línea evolutiva del IBE de los trabajadores.

6.6.1. Puestos de trabajo del área de Planta

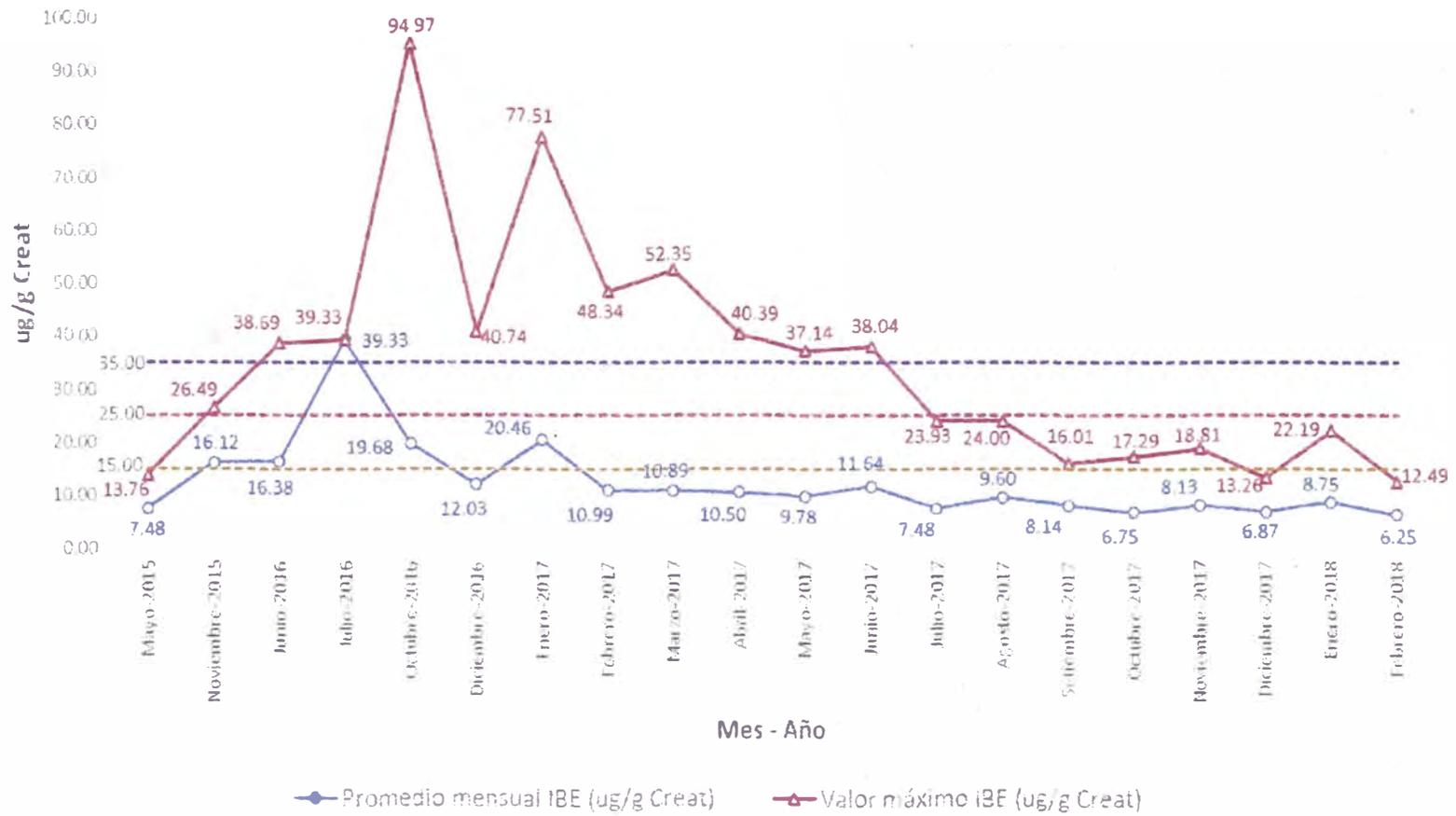
En el área de Planta se tienen dos puestos de trabajo que presentaron una alta exposición, los cuales son: Técnico Multifuncional de Planta y Operador Multifuncional de Planta.

Operador Multifuncional de Planta

En el siguiente gráfico se muestra la evolución mensual en la disminución de los niveles IBE, así como también el valor máximo reportado por mes.

Gráfico 14. Evolución IBE promedio – Operador Multifuncional de Planta

Valor promedio y máximo mensual IBE - Operador Multifuncional de Planta



Del gráfico anterior se puede notar que los promedios mensuales más altos se reportaron entre junio del 2016 y enero del 2017, llegando a un pico en julio del 2016 con un promedio de **39.33 $\mu\text{g/gCreat}$** . De febrero del 2017 en adelante se pudo observar que los valores promedios mensuales se mantuvieron por debajo de **15 $\mu\text{g/gCreat}$** . En octubre del 2016 se analizaron en total 25 muestras, de las cuales 8 excedieron el límite establecido por la unidad, por lo que el promedio de ese mes fue de **19.68 $\mu\text{g/gCreat}$** .

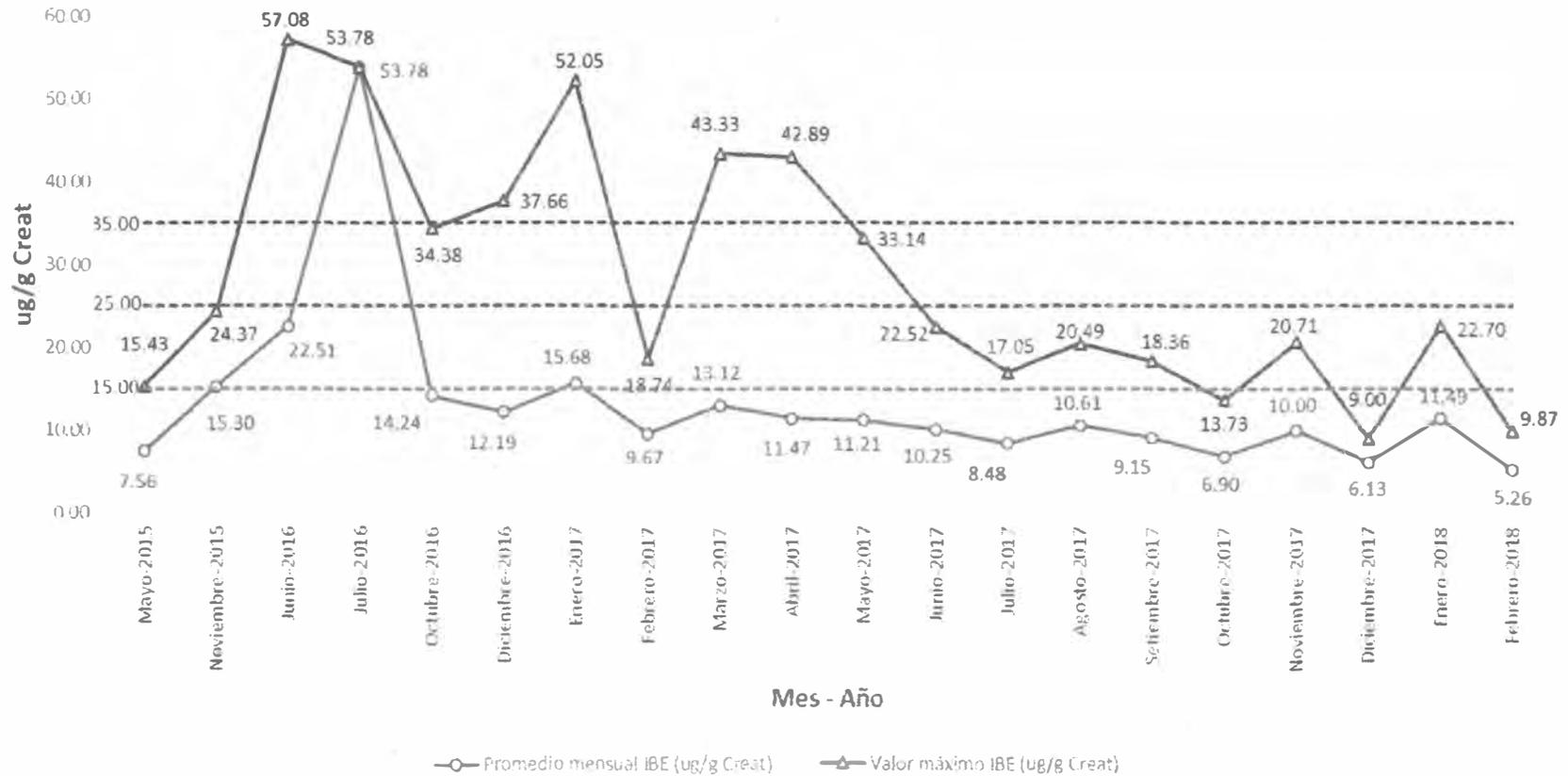
De los valores máximos, el más alto se reportó en octubre del 2016 con un valor de **94.97 $\mu\text{g/gCreat}$** . Desde el mes de julio del 2017 en adelante, los valores máximos estuvieron por debajo del límite establecido por la unidad.

Técnico Multifuncional de Planta

En el siguiente gráfico se muestra la evolución mensual en la disminución de los niveles IBE, así como también el valor máximo reportado por mes.

Gráfico 15. Evolución IBE promedio – Técnico Multifuncional de Planta

Valor promedio y máximo mensual IBE - Técnico Multifuncional de Planta



Del gráfico anterior se puede notar que los promedios mensuales más altos se reportaron entre junio del 2016 y enero del 2017, llegando a un pico en julio del 2016 con un promedio de **53.78 $\mu\text{g/gCreat}$** . De febrero del 2017 en adelante se pudo observar que los valores promedios mensuales se mantuvieron por debajo de **15 $\mu\text{g/gCreat}$** .

De los valores máximos, el más alto se reportó en junio del 2016 con un valor de **57.08 $\mu\text{g/gCreat}$** . Desde el mes de junio del 2017 en adelante, los valores máximos estuvieron por debajo del límite establecido por la unidad.

6.6.2. Puestos de trabajo del área de Mantenimiento

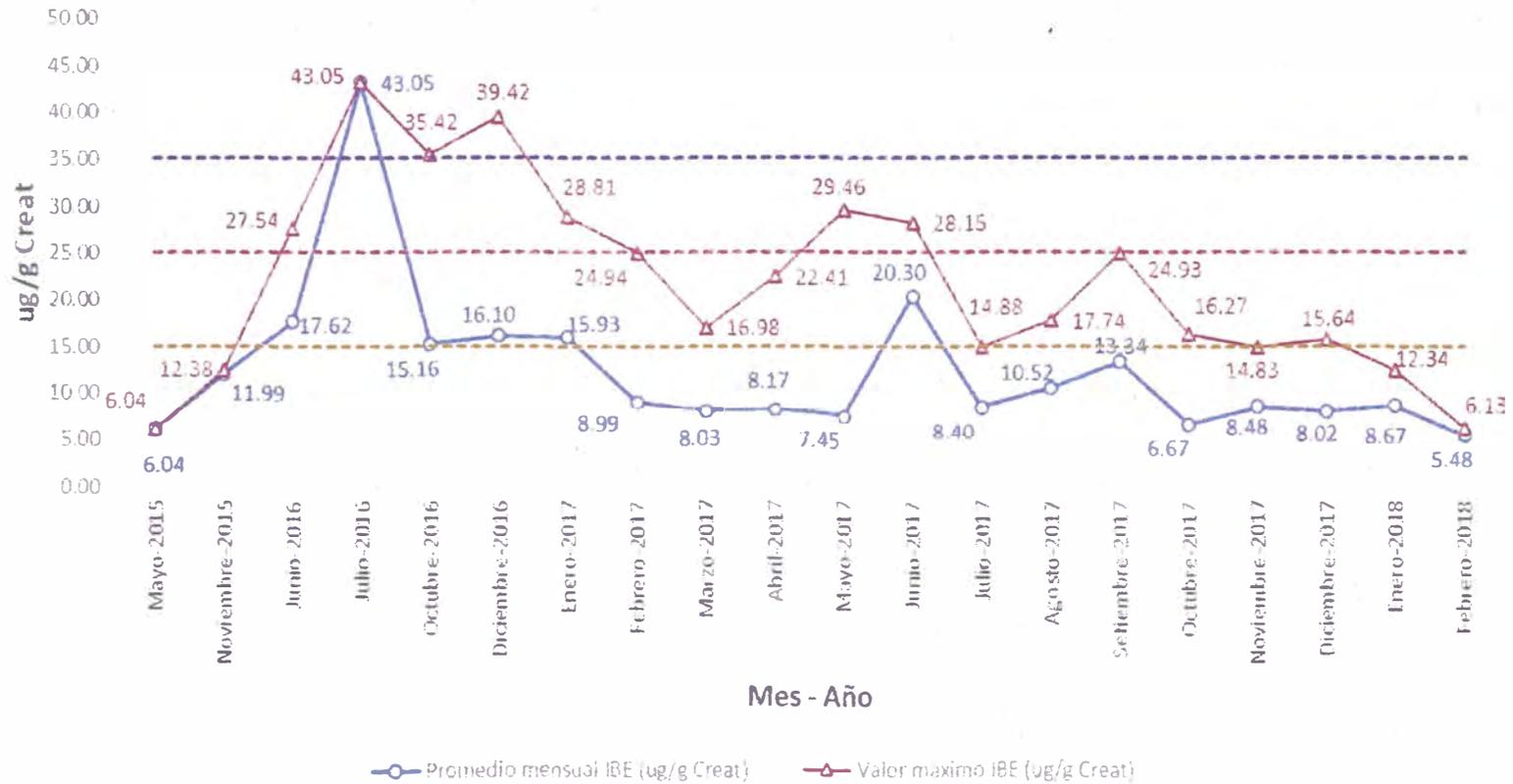
En el área de Mantenimiento se tienen cuatro puestos de trabajo que presentaron una alta exposición, los cuales son: Soldador, Mecánico de Producción, Técnico Mecánico y Técnico Electricista.

Mecánico de Producción

En el siguiente gráfico se muestra la evolución mensual en la disminución de los niveles IBE, así como también el valor máximo reportado por mes para este puesto de trabajo.

Gráfico 16. Evolución IBE promedio – Mecánico de Producción

Valor promedio y máximo mensual IBE - Mecánico de Producción



Del gráfico anterior se puede notar que los promedios mensuales más altos se reportaron entre junio del 2016 y enero del 2017, llegando a un pico en julio del 2016 con un promedio de **43.05 µg/gCreat**. De febrero del 2017 en adelante se pudo observar que los valores promedios mensuales se mantuvieron por debajo de **15 µg/gCreat**, a excepción del mes de junio del 2017 que se reportó un promedio de **20.30 µg/gCreat** debido a que en ese mes se analizaron 04 muestras y 02 de ellas fueron de un mismo colaborador que estuvo en el grupo de No Exposición cuyos valores estuvieron por encima del límite establecido por la unidad.

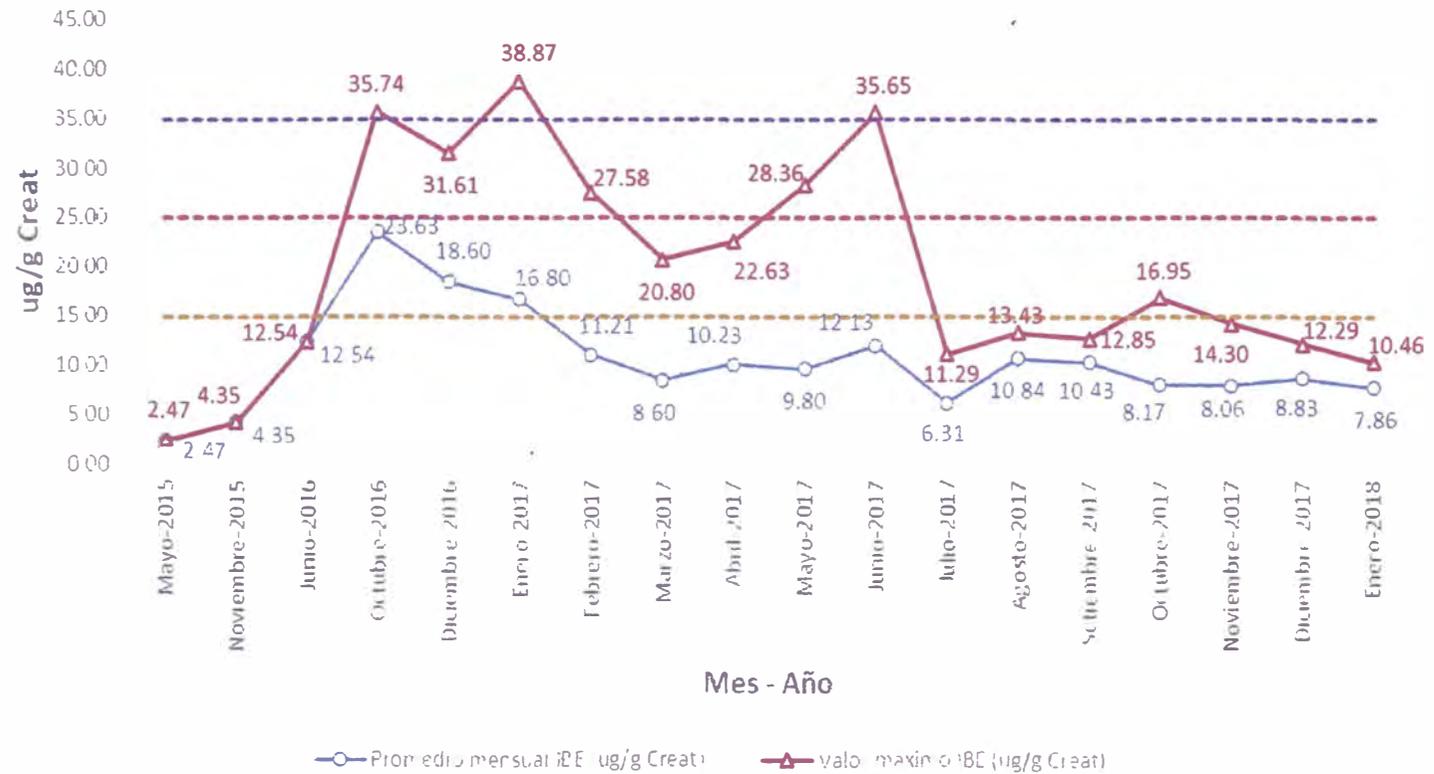
De los valores máximos, el más alto se reportó en julio del 2016 con un valor de **43.05 µg/gCreat**. Desde el mes de julio del 2017 en adelante, los valores máximos estuvieron por debajo del límite establecido por la unidad.

Soldador

En el siguiente gráfico se muestra la evolución mensual en la disminución de los niveles IBE, así como también el valor máximo reportado por mes para este puesto de trabajo.

Gráfico 17. Evolución IBE promedio – Soldador.

Valor promedio y máximo mensual IBE - Soldador



Del gráfico anterior se puede notar que los promedios mensuales más altos se reportaron entre octubre del 2016 y enero del 2017, llegando a un pico en octubre del 2016 con un promedio de **23.63 $\mu\text{g/gCreat}$** . De febrero del 2017 en adelante se pudo observar que los valores promedios mensuales se mantuvieron por debajo de **15 $\mu\text{g/gCreat}$** .

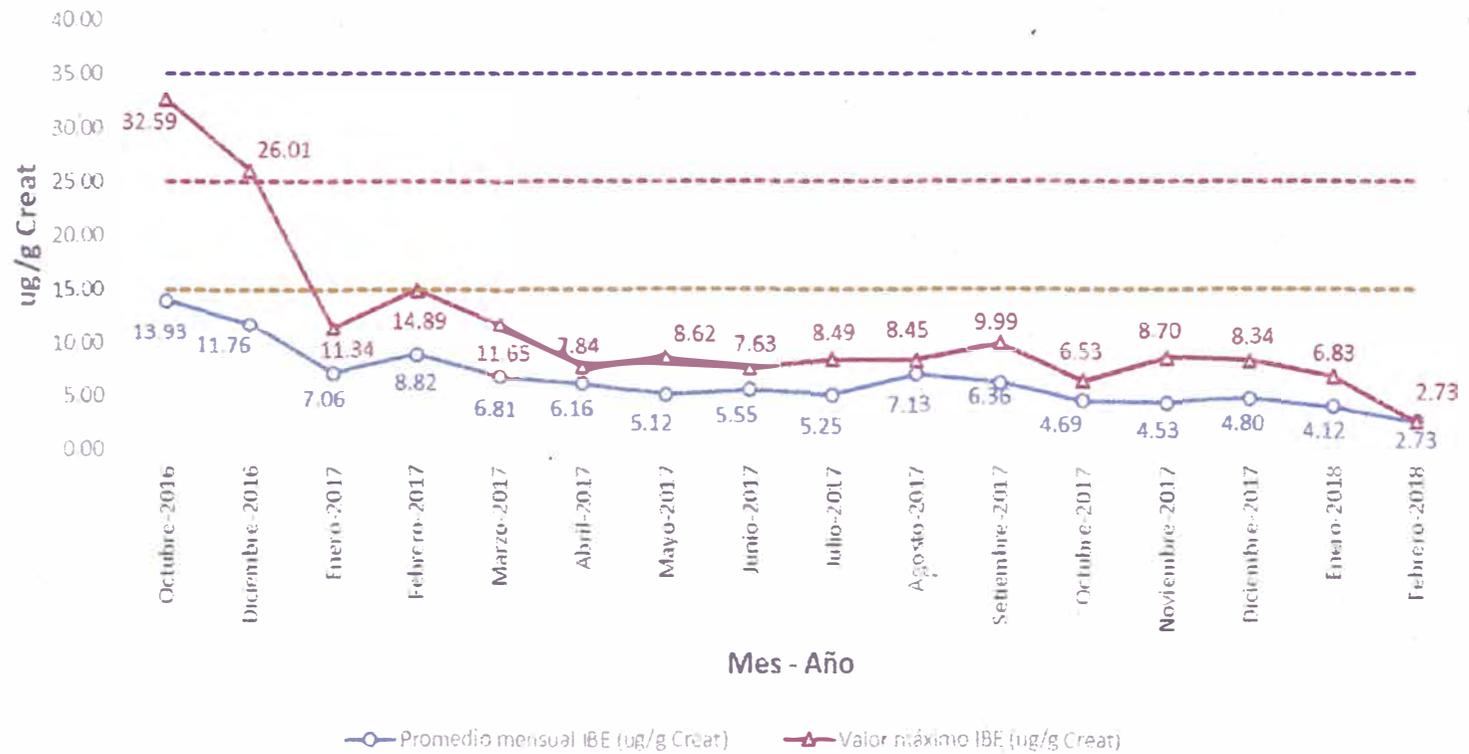
De los valores máximos, el más alto se reportó en enero del 2017 con un valor de **38.87 $\mu\text{g/gCreat}$** . Desde el mes de julio del 2017 en adelante, los valores máximos estuvieron por debajo del límite establecido por la unidad.

Técnico Electricista

En el siguiente gráfico se muestra la evolución mensual en la disminución de los niveles IBE, así como también el valor máximo reportado por mes para este puesto de trabajo.

Gráfico 18. Evolución IBE promedio – Técnico Electricista

Valor promedio y máximo mensual IBE - Técnico Electricista



Del gráfico anterior se puede notar que los promedios mensuales durante el tiempo de estudio, se mantuvieron por debajo del límite establecido por la unidad, llegando a un pico en octubre del 2016 con un promedio de **13.93 $\mu\text{g/gCreat}$** . En los meses siguientes estos promedios fueron disminuyendo hasta llegar a un mínimo promedio de **2.73 $\mu\text{g/gCreat}$** en febrero del 2018.

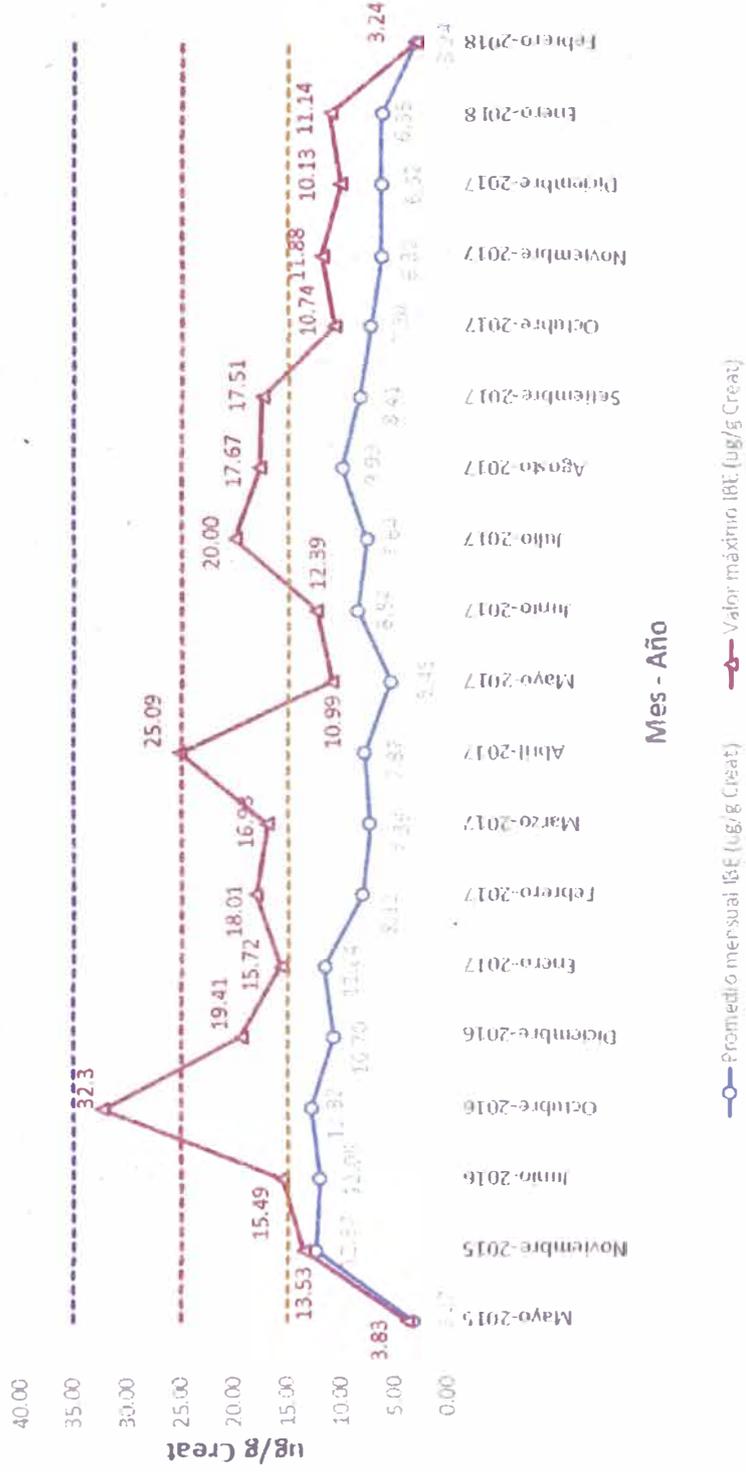
De los valores máximos, el más alto se reportó en octubre del 2016 con un valor de **32.59 $\mu\text{g/gCreat}$** . Luego estos valores máximos fueron disminuyendo en los meses siguientes.

Técnico Mecánico

En el siguiente gráfico se muestra la evolución mensual en la disminución de los niveles IBE, así como también el valor máximo reportado por mes para este puesto de trabajo.

Gráfico 19. Evolución IBE promedio – Técnico Mecánico

Valor promedio y máximo mensual IBE - Técnico Mecánico



Del gráfico anterior se puede notar que los promedios mensuales durante el tiempo de estudio, se mantuvieron por debajo del límite establecido por la unidad, llegando a un pico en octubre del 2016 con un promedio de **12.82 $\mu\text{g/gCreat}$** . En los meses siguientes estos promedios fueron disminuyendo hasta llegar a un mínimo promedio de **3.24 $\mu\text{g/gCreat}$** en febrero del 2018.

De los valores máximos, el más alto se reportó en octubre del 2016 con un valor de **32.30 $\mu\text{g/gCreat}$** . Luego estos valores máximos fueron disminuyendo en los meses siguientes.

6.6.3. Casos resaltantes por individuo

En esta sección se muestra el análisis de los 10 casos más resaltantes de aquellos trabajadores que presentaron una alta exposición por lo cual sus indicadores IBE se encontraron por encima del límite establecido por la unidad y también por encima del límite establecido por normativa nacional, y se observa como fueron disminuyendo dichos valores.

Trabajador 1

Su puesto de trabajo es Operador Multifuncional de Planta, del área de Planta.

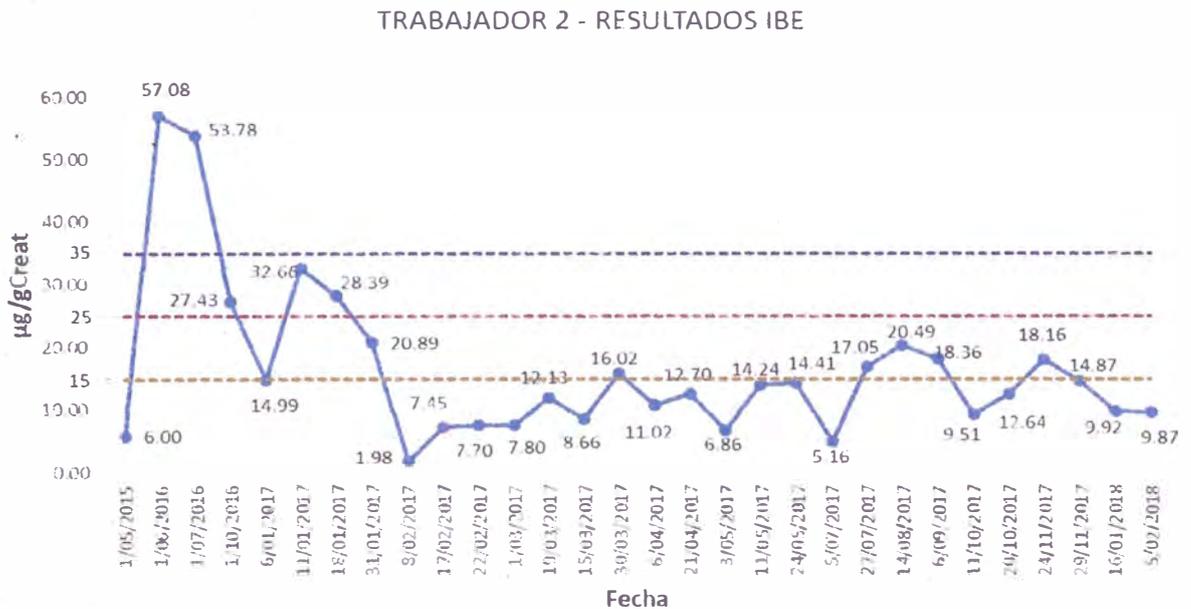
Gráfico 20. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 1

Se puede observar del gráfico que en noviembre del año 2015 reportó un valor en su IBE de **26.49 µg/gCreat**, debajo del límite establecido por normativa nacional por lo cual no se tomó acción. En octubre del 2016 reporta su máximo valor de **94.97 µg/gCreat**, muy por encima de dicho límite por lo cual en diciembre se decide rotar de lugar de trabajo hacia Chancado y Lixiviación, pasando al grupo de No Exposición. De acuerdo a la investigación del caso se presume que la sobreexposición se debió a que en setiembre participó en la actividad de cosecha de celdas electrolíticas y en octubre del 2016 participó en la actividad de fundición y llenado de flacks con mercurio. Cabe resaltar que durante el año 2016 estuvo presente en 7 cosechas de celdas, 5 fundiciones de cemento electrolítico y 4 fundiciones de escoria rica, acumulando 110 horas de exposición aproximadamente. Se puede notar que durante el año 2017 sus valores fueron disminuyendo hasta que el 21/07/2017 regresa al grupo de Activos al reportar valores por debajo de **15 µg/gCreat**.

Trabajador 2

Su puesto de trabajo es Técnico Multifuncional de Planta, del área de Planta.

Gráfico 21. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 2

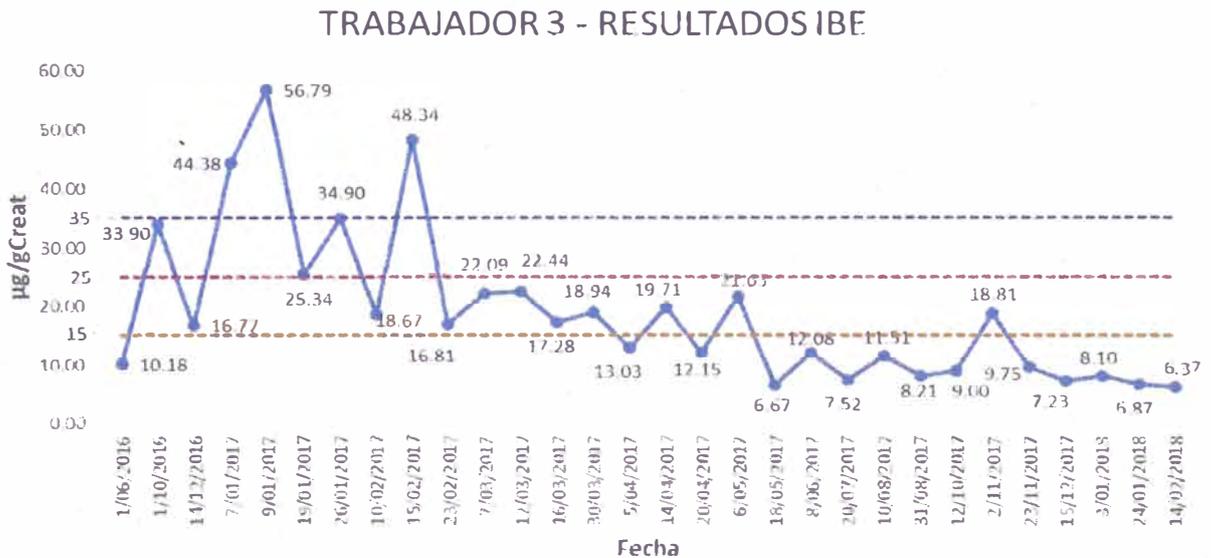


Se puede observar del gráfico que en junio del 2016 reporta su máximo valor de **57.08 µg/gCreat**, muy por encima del límite establecido por normativa nacional por lo cual se decide rotar de lugar de trabajo en diciembre hacia Chancado y Lixiviación, pasando al grupo de No Exposición. De acuerdo a la investigación del caso se presume que la sobreexposición se debió a que en mayo participó en la actividad de cosecha de celdas electrolíticas continuando en los meses siguientes. Se puede notar que durante el año 2017 disminuyó sus valores por debajo del límite establecido por la unidad por lo que el 01/03/2017 retorna al grupo de Activos, después de ello se puede observar incrementos debido a que siguió participó en actividades de cosecha de celdas y fundición de cemento electrolítico, a pesar de ello ya con los controles implementados no volvió a exceder el límite establecido por la unidad.

Trabajador 3

Su puesto de trabajo es Operador Multifuncional de Planta, del área de Planta.

Gráfico 22. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 3



Se puede observar del gráfico que en octubre del 2016 reporta un valor en su IBE de **33.90 µg/gCreat**, debajo del límite establecido por normativa nacional a pesar de ello no se toma acción. El 09/01/2017 reporta su máximo valor de **56.79 µg/gCreat**, por lo cual se decide rotar de lugar de trabajo en diciembre hacia Chancado y Lixiviación, pasando al grupo de No Exposición. De acuerdo a la investigación del caso se presume que la sobreexposición se debió a que durante el 2016 participó en actividades de cosecha de celdas electrolíticas, retorta de cemento electrolítico, fundición de cemento electrolítico y llenado de flacks con mercurio, participando en 1 fundición de escoria rica, 3 fundiciones de cemento y 4 cosechas de celdas acumulando 26 horas de exposición aproximadamente. El 10/08/2017 regresa al grupo de Activos ya que los valores en su IBE se encontraron por debajo de **15 µg/gCreat** pudiendo realizar nuevamente las actividades de cosecha y fundición.

Trabajador 4

Su puesto de trabajo es Operador Multifuncional de Planta, del área de Planta.

Gráfico 23. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 4



Se puede observar del gráfico que el 06/01/2017 reporta su valor máximo en su IBE de **56.10 µg/gCreat**, muy por encima del límite establecido por normativa nacional, por lo cual se decide rotar de lugar de trabajo en dicho mes hacia Chancado y Lixiviación, pasando al grupo de No Exposición. De acuerdo a la investigación del caso se presume que la sobreexposición se debió a que a finales de diciembre del 2016 participó en la actividad de fundición de cemento electrolítico, cabe mencionar que el colaborador no tenía experiencia en realizar dicha actividad. A partir de febrero es que comienza a bajar sus niveles IBE por lo cual se decide regresarlo al grupo de Activos el 23/02/2017.

Trabajador 5

Su puesto de trabajo es Operador Multifuncional de Planta, del área de Planta.

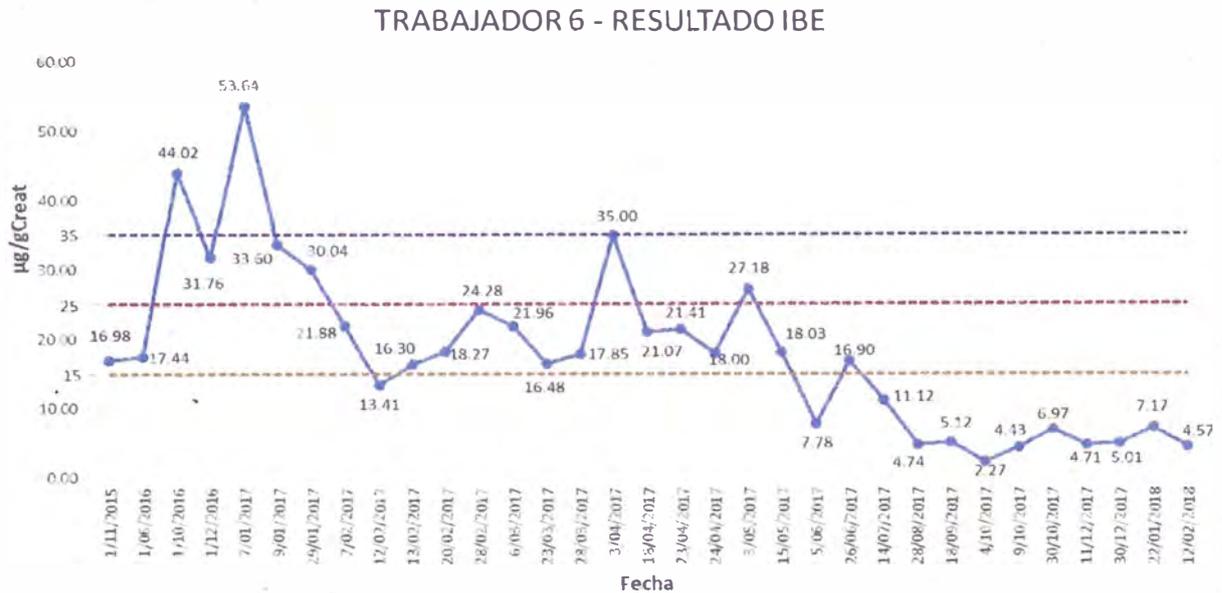
Gráfico 24. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 5



Se puede observar del gráfico que en octubre del 2016 reporta un valor en su IBE de **41.55 µg/gCreat**, muy por encima del límite establecido por normativa nacional, por lo cual se decide rotar de lugar de trabajo en diciembre hacia Chancado y Lixiviación, sin embargo, reporta su máximo valor IBE el 07/01/2017 con un valor de **54.54 µg/gCreat**.

Trabajador 6

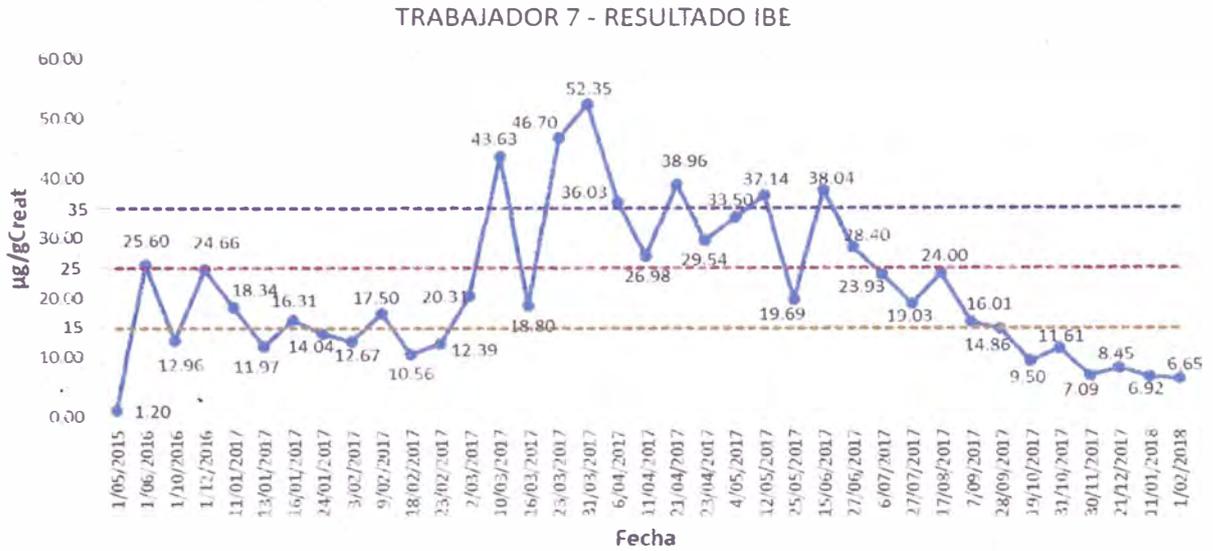
Su puesto de trabajo es Operador Multifuncional de Planta, del área de Planta.

Gráfico 25. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 6

Se puede observar del gráfico que en octubre del año 2016 reportó un valor en su IBE de **44.02 µg/gCreat**, encima del límite establecido por normativa nacional por lo cual se tomó acción reubicándolo a la zona de Lixiviación, pasando al grupo de No Exposición. El 07/01/2017 reporta su máximo valor de **53.64 µg/gCreat**. De acuerdo a la investigación del caso se presume que la sobreexposición se debió a que en setiembre del 2016 participó en la actividad de cosecha de celdas electrolíticas, retorta y fundición. Se puede notar que durante el año 2017 sus valores fueron disminuyendo hasta que el 18/09/2017 regresa al grupo de Activos al reportar valores por debajo de **15 µg/gCreat**.

Trabajador 7

Su puesto de trabajo es Operador Multifuncional de Planta, del área de Planta.

Gráfico 26. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 7

Se puede observar del gráfico que en junio del 2016 reporta un valor en su IBE de **25.60 µg/gCreat**, debajo del límite establecido por normativa nacional, por lo cual no se toma ninguna acción. El 10/03/2017 se reporta un valor de **43.63 µg/gCreat**, por encima del límite establecido por la unidad, por lo cual se tomó acción reubicándolo a la zona de Chancado, pasando al grupo de No Exposición. De acuerdo a la investigación del caso se presume que la sobreexposición se debió a que el 27/02/2017 participa en la actividad de fundición realizando la tarea de basculador. El 31/03/2017 reporta su máximo valor de **52.35 µg/gCreat**. A partir del mes de julio es que comienza a bajar sus niveles IBE por lo cual se decide regresarlo al grupo de Activos el 31/10/2017.

Trabajador 8

Su puesto de trabajo es Técnico Multifuncional de Planta, del área de Planta.

Gráfico 27. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 8

Se puede observar del gráfico que en diciembre del 2016 reporta un valor en su IBE de **37.66 µg/gCreat**, encima del límite establecido por normativa nacional por lo cual se tomó acción reubicándolo a la zona de Chancado y Lixiviación, pasando al grupo de No Exposición. El 08/01/2017 se reporta un valor máximo de **52.05 µg/gCreat**. De acuerdo a la investigación del caso se presume que la sobreexposición se debió a que en los meses de mayo y setiembre del 2016 participó en actividades de fundición y cumpliendo la tare de homero. A partir del mes de abril del 2017 se observa un la reducción en sus valores IBE por lo cual se decide regresarlo al grupo de Activos el 31/05/2017. El 15/11/2017 tuvo un valor de **20.71 µg/gCreat** lo cual significó darle seguimiento, sin embargo, después de ello los valores reportados se mantuvieron por debajo de **15.00 µg/gCreat**.

Trabajador 9

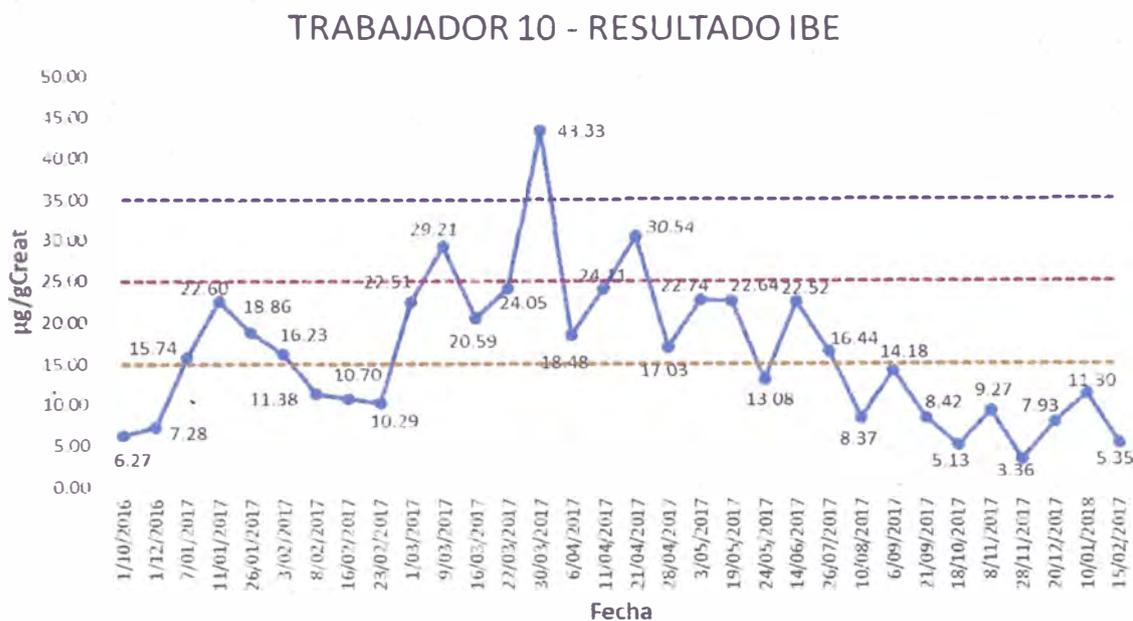
Su puesto de trabajo es Operador Multifuncional de Planta, del área de Planta.

Gráfico 28. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 9

Se puede observar del gráfico que en octubre del 2016 reporta un valor en su IBE de **36.27 µg/gCreat**, encima del límite establecido por normativa nacional por lo cual se tomó acción reubicándolo a la zona de Lixiviación, pasando al grupo de No Exposición. El 08/01/2017 se reporta un valor máximo de **47.59 µg/gCreat**. De acuerdo a la investigación del caso se presume que la sobreexposición se debió a que en los meses de julio y setiembre del 2016 participó en actividades de fundición, cosecha de celdas electrolíticas, retorteo y llenado de flacks de mercurio. A partir del mes de febrero del 2017 se observa una reducción en sus valores IBE por lo cual se decide regresarlo al grupo de Activos el 04/07/2017 ya que sus valores IBE se mantuvieron por debajo de **15.00 µg/gCreat**.

Trabajador 10

Su puesto de trabajo es Técnico Multifuncional de Planta, del área de Planta.

Gráfico 29. Evolución del IBE para mercurio en orina – Trabajador 10

Se puede observar del gráfico que el 09/03/2017 reporta un valor en su IBE de **29.21 µg/gCreat**, encima del límite establecido para la unidad por lo cual se tomó acción reubicándolo a la zona de Lixiviación y Chancado, pasando al grupo de No Exposición. El 30/03/2017 se reporta un valor máximo de **43.33 µg/gCreat**. De acuerdo a la investigación del caso se presume que la sobreexposición se debió a que en los meses de enero y febrero del 2017 participó en actividades de fundición, cosecha de celdas electrolíticas y retorteo. A partir del mes de abril del 2017 se observa una reducción en sus valores IBE por lo cual se decide regresarlo al grupo de Activos el 08/11/2017 ya que sus valores IBE se mantuvieron por debajo de **15.00 µg/gCreat**.

6.7. Concentración de vapor de mercurio según dosimetrías realizadas en el año 2017

Las dosimetrías de vapor de mercurio realizadas durante el año 2017, en los meses de enero, marzo, abril, mayo, julio, agosto y setiembre, estas evaluaciones se hicieron durante las actividades de cosecha, retorta y

fundición, tanto a personal de Planta como de Mantenimiento cuyas actividades son realizadas en refinería y planta ADR, también se incluyen actividades en las zonas de lixiviación y chancado ya que son áreas de rotación del personal que se encuentra en el grupo de no exposición.

A continuación se muestra el resumen mensual de las dosimetrías de vapor de mercurio realizado:

Dosimetrías de vapor de mercurio en enero

En el mes de enero se evaluaron en total 14 trabajadores, todos ellos del área de Planta, siendo evaluados los puestos de trabajo de Operador Multifuncional de Planta y Técnico Multifuncional de Planta, según las diferentes actividades realizadas en refinería y planta ADR.

Cabe resaltar que la metodología empleada para estas dosimetrías de vapor de mercurio fue la NIOSH 6009.

Tabla 38. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados - Enero

N°	Fecha	Puesto de Trabajo	Actividad	Área	Lugar	Turno
1	27/01/2017	Operador Multifuncional de Planta	Transferencia de carbón y supervisión de funcionamiento de planta	Planta	ADR	Día
2	27/01/2017	Operador Multifuncional de Planta	Preparación de solución cianurada y supervisión de equipos	Planta	ADR	Día
3	28/01/2017	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas	Planta	Refinería	Día
4	28/01/2017	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas	Planta	Refinería	Día
5	28/01/2017	Técnico Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas	Planta	Refinería	Día
6	28/01/2017	Técnico Multifuncional de Planta	Supervisión de funcionamiento de planta	Planta	ADR	Día

N°	Fecha	Puesto de Trabajo	Actividad	Área	Lugar	Turno
7	29/01/2017	Operador Multifuncional de Planta	Purga de mercurio del horno de retorta	Planta	Refinería	Día
8	29/01/2017	Técnico Multifuncional de Planta	Preparación de solución cianurada y supervisión de equipos	Planta	ADR	Día
9	29/01/2017	Operador Multifuncional de Planta	Purga de mercurio del horno de retorta, limpieza de scrubber	Planta	Refinería / ADR	Día
10	29/01/2017	Operador Multifuncional de Planta	Purga de mercurio del horno de retorta	Planta	Refinería	Día
11	30/01/2017	Operador Multifuncional de Planta	Armado y desarmado de celdas de lixiviación (tendido de mangueras)	Planta	Lixiviación	Día
12	30/01/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (ayudante de hornero)	Planta	Refinería	Día
13	30/01/2017	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de funcionamiento de planta	Planta	ADR	Día
14	30/01/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Planta	Refinería	Día

Tabla 39. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Enero

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	TWA-TLV corregido (mg/m ³)	Dosis absorbida	Nivel de Riesgo
1	Operador Multifuncional de Planta	Transferencia de carbón y supervisión de funcionamiento de planta	ADR	0.0290	0.0208	139.42%	Alto
2	Operador Multifuncional de Planta	Preparación de solución cianurada y supervisión de equipos	ADR	0.0037	0.0208	17.79%	Bajo
3	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas	Refinería	0.1209	0.0208	581.25%	Alto
4	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas	Refinería	0.2834	0.0208	1362.50%	Alto

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	TWA-TLV corregido (mg/m ³)	Dosis absorbida	Nivel de Riesgo
5	Técnico Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas	Refinería	0.1108	0.0208	532.69%	Alto
6	Técnico Multifuncional de Planta	Supervisión de funcionamiento de planta	ADR	0.0065	0.0208	31.25%	Bajo
7	Operador Multifuncional de Planta	Purga de mercurio del horno de retorta	Refinería	0.1585	0.0208	762.02%	Alto
8	Técnico Multifuncional de Planta	Preparación de solución cianurada y supervisión de equipos	ADR	0.0233	0.0208	112.02%	Alto
9	Operador Multifuncional de Planta	Purga de mercurio del horno de retorta, limpieza de scrubber	Refinería / ADR	0.1494	0.0208	718.27%	Alto
10	Operador Multifuncional de Planta	Purga de mercurio del horno de retorta	Refinería	0.0371	0.0208	178.37%	Alto
11	Operador Multifuncional de Planta	Armado y desarmado de celdas de lixiviación (tendido de mangueras)	Lixiviación	0.0041	0.0208	19.71%	Bajo
12	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (ayudante de hornero)	Refinería	0.0884	0.0208	425.00%	Alto
13	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de funcionamiento de planta	ADR	0.0087	0.0208	41.83%	Bajo
14	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Refinería	1.5980	0.0208	7682.69%	Alto

Tabla 40. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Enero

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Concentración máxima con uso adecuado del respirador (mg/m ³)	Nivel de protección con EPP
1	Operador Multifuncional de Planta	Transferencia de carbón y supervisión de funcionamiento de planta	ADR	0.0290	1.040	Aceptable

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Concentración máxima con uso adecuado del respirador (mg/m ³)	Nivel de protección con EPP
2	Operador Multifuncional de Planta	Preparación de solución cianurada y supervisión de equipos	ADR	0.0037	1.040	Aceptable
3	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas	Refinería	0.1209	1.040	Aceptable
4	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas	Refinería	0.2834	1.040	Aceptable
5	Técnico Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas	Refinería	0.1108	1.040	Aceptable
6	Técnico Multifuncional de Planta	Supervisión de funcionamiento de planta	ADR	0.0065	1.040	Aceptable
7	Operador Multifuncional de Planta	Purga de mercurio del horno de retorta	Refinería	0.1585	1.040	Aceptable
8	Técnico Multifuncional de Planta	Preparación de solución cianurada y supervisión de equipos	ADR	0.0233	1.040	Aceptable
9	Operador Multifuncional de Planta	Purga de mercurio del horno de retorta, limpieza de scrubber	Refinería / ADR	0.1494	1.040	Aceptable
10	Operador Multifuncional de Planta	Purga de mercurio del horno de retorta	Refinería	0.0371	1.040	Aceptable
11	Operador Multifuncional de Planta	Armado y desarmado de celdas de lixiviación (tendido de mangueras)	Lixiviación	0.0041	1.040	Aceptable
12	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (ayudante de hornero)	Refinería	0.0884	1.040	Aceptable
13	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de funcionamiento de planta	ADR	0.0087	1.040	Aceptable
14	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Refinería	1.5980	1.040	No aceptable

Dosimetrías de vapor de mercurio en marzo

En el mes de marzo se evaluaron en total 07 trabajadores, todos ellos del área de Planta, siendo evaluados los puestos de trabajo de Operador Multifuncional de Planta y Técnico Multifuncional de Planta, según las diferentes actividades realizadas en refinería y planta ADR principalmente, sin embargo se consideró también en Lixiviación y Chancado.

Cabe resaltar que las metodologías empleadas para estas dosimetrías de vapor de mercurio fueron NIOSH 6009 y OSHA ID – 140.

Tabla 41. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados – Marzo

N°	Fecha	Puesto de Trabajo	Actividad	Área	Lugar	Turno	Metodología
1	25/03/2017	Operador Multifuncional de Planta	Armado y desarmado de celdas de lixiviación (tendido de mangueras)	Planta	Lixiviación	Día	NIOSH 6009
2	26/03/2017	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de líneas de fajas transportadoras y Apron Feeder	Planta	Chancado	Día	NIOSH 6009
3	26/03/2017	Técnico Multifuncional de Planta	Cosecha de carbón fino	Planta	ADR	Día	OSHA ID – 140
4	30/03/2017	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (Hornero)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID – 140
5	30/03/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (Basculador)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID – 140
6	30/03/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lingotero)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID – 140
7	31/03/2017	Operador Multifuncional de Planta	Control en Adsorción y desorción	Planta	ADR	Noche	OSHA ID – 140

Tabla 42. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Marzo

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	TWA-TLV corregido (mg/m ³)	Dosis absorbida	Nivel de Riesgo
1	Operador Multifuncional de Planta	Armado y desarmado de celdas de lixiviación (tendido de mangueras)	Lixiviación	0.0025	0.0208	11.97%	Bajo
2	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de líneas de fajas transportadoras y Apron Feeder	Chancado	0.0039	0.0208	18.80%	Bajo
3	Técnico Multifuncional de Planta	Cosecha de carbón fino	ADR	0.7580	0.0208	3644.23%	Alto
4	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Refinería	0.7990	0.0208	3841.35%	Alto
5	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (basculador)	Refinería	0.1980	0.0208	951.92%	Alto
6	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lingotero)	Refinería	0.8080	0.0208	3884.62%	Alto
7	Operador Multifuncional de Planta	Control en Adsorción y desorción	ADR	0.0820	0.0208	394.23%	Alto

Tabla 43. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Marzo

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Concentración máxima con uso adecuado del respirador (mg/m ³)	Nivel de protección con EPP
1	Operador Multifuncional de Planta	Armado y desarmado de celdas de lixiviación (tendido de mangueras)	Lixiviación	0.0025	1.040	Aceptable
2	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de líneas de fajas transportadoras y Apron Feeder	Chancado	0.0039	0.208	Aceptable
3	Técnico Multifuncional de Planta	Cosecha de carbón fino	ADR	0.7580	1.040	No aceptable
4	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Refinería	0.7990	1.040	No aceptable

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Concentración máxima con uso adecuado del respirador (mg/m ³)	Nivel de protección con EPP
5	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (basculador)	Refinería	0.1980	1.040	Aceptable
6	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lingotero)	Refinería	0.8080	1.040	No aceptable
7	Operador Multifuncional de Planta	Control en Adsorción y desorción	ADR	0.0820	1.040	Aceptable

Dosimetrías de vapor de mercurio en abril

En el mes de abril se evaluaron en total 07 trabajadores, todos ellos del área de Planta, siendo evaluados los puestos de trabajo de Operador Multifuncional de Planta y Técnico Multifuncional de Planta, según las diferentes actividades realizadas en refinería y planta ADR principalmente, sin embargo se consideró también en Lixiviación y Chancado.

Cabe resaltar que las metodologías empleadas para estas dosimetrías de vapor de mercurio fueron NIOSH 6009 y OSHA ID – 140.

Tabla 44. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados – Abril

N°	Fecha	Puesto de Trabajo	Actividad	Área	Lugar	Turno	Metodología
1	28/04/2017	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de funcionamiento de planta	Planta	ADR	Noche	NIOSH 6009
2	28/04/2017	Técnico Multifuncional de Planta	Supervisión de líneas de fajas transportadoras y Apron Feeder	Planta	Chancado	Noche	NIOSH 6009
3	29/04/2017	Operador Multifuncional de Planta	Armado y desarmado de celdas de lixiviación (tendido de mangueras)	Planta	Lixiviación	Día	NIOSH 6009

N°	Fecha	Puesto de Trabajo	Actividad	Área	Lugar	Turno	Metodología
4	29/04/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID – 140
5	29/04/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID – 140
6	29/04/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lingotero)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID – 140
7	29/04/2017	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140

Tabla 45. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Abril

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	TWA-TLV corregido (mg/m ³)	Dosis absorbida	Nivel de Riesgo
1	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de funcionamiento de planta	ADR	0.0043	0.0208	20.58%	Bajo
2	Técnico Multifuncional de Planta	Supervisión de líneas de fajas transportadoras y Apron Feeder	Chancado	0.0020	0.0208	9.42%	Bajo
3	Operador Multifuncional de Planta	Armado y desarmado de celdas de lixiviación (tendido de mangueras)	Lixiviación	0.0024	0.0208	11.35%	Bajo
4	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Refinería	0.0390	0.0208	187.50%	Alto
5	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Refinería	0.0780	0.0208	375.00%	Alto
6	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lingotero)	Refinería	0.1000	0.0208	480.77%	Alto
7	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Refinería	0.2950	0.0208	1418.27%	Alto

Tabla 46. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Abril

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Concentración máxima con uso adecuado del respirador (mg/m ³)	Nivel de protección con EPP
1	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de funcionamiento de planta	ADIR	0.0043	1.040	Aceptable
2	Técnico Multifuncional de Planta	Supervisión de líneas de fajas transportadoras y Aprón Feeder	Chancado	0.0020	1.040	Aceptable
3	Operador Multifuncional de Planta	Armado y desarmado de celdas de lixiviación (tendido de mangueras)	Lixiviación	0.0024	1.040	Aceptable
4	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Refinería	0.0390	1.040	Aceptable
5	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Refinería	0.0780	1.040	Aceptable
6	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lingotero)	Refinería	0.1000	1.040	Aceptable
7	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Refinería	0.2950	1.040	Aceptable

Dosimetrías de vapor de mercurio en mayo

En el mes de mayo se evaluó a solo un trabajador del área de Planta, siendo del puesto de trabajo de Operador Multifuncional de Planta.

Cabe resaltar que la metodología empleada para esta dosimetría de vapor de mercurio fue OSHA ID – 140.

Tabla 47. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados – Mayo

N°	Fecha	Puesto de Trabajo	Actividad	Área	Lugar	Turno	Metodología
1	30/05/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID 140

Tabla 48. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Mayo

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	TWA-TLV corregido (mg/m ³)	Dosis absorbida	Nivel de Riesgo
1	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Refinería	0.1310	0.0208	629.81%	Alto

Tabla 49. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Mayo

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Concentración máxima con uso adecuado del respirador (mg/m ³)	Nivel de protección con EPP
1	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Refinería	0.1310	1.040	Aceptable

Dosimetrías de vapor de mercurio en julio

En el mes de julio se evaluaron en total 09 trabajadores, 08 del área de Planta (siendo evaluados los puestos de trabajo de Operador Multifuncional de Planta y Técnico Multifuncional de Planta) y 01 del área de Mantenimiento (siendo evaluado el puesto de trabajo de Mecánico de Producción). Estas evaluaciones se realizaron según las diferentes actividades realizadas en refinería y planta ADR principalmente, sin embargo se consideró también en Lixiviación.

Cabe resaltar que las metodologías empleadas para estas dosimetrías de vapor de mercurio fueron NIOSH 6009 y OSHA ID – 140.

Tabla 50. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados – Julio

N°	Fecha	Puesto de Trabajo	Actividad	Área	Lugar	Turno	Metodología
1	17/07/2017	Técnico Multifuncional de Planta	Retorta de cemento electrolítico (Pesaje de bandejas con	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140

N°	Fecha	Puesto de Trabajo	Actividad	Área	Lugar	Turno	Metodología
			cemento electrolítico)				
2	18/07/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (basculado de material fundido, lavado de barras)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
3	18/07/2017	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
4	18/07/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
5	13/07/2017	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de carbón del filtro prensa, adsorción y desorción de columnas	Planta	ADR	Día	NIOSH 6009
6	14/07/2017	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas (lavado de celdas electrolíticas)	Planta	Refinería	Noche	NIOSH 6009
7	16/07/2017	Operador Multifuncional de Planta	Disposición de carbón activado en sacos	Planta	ADR	Día	NIOSH 6009
8	17/07/2017	Operador Multifuncional de Planta	Armado y desarmado de celdas de lixiviación (tendido de mangueras)	Planta	Lixiviación	Día	NIOSH 6009
9	15/07/2017	Mecánico de Producción	Desmontaje y montaje de válvulas en línea de transferencia de carbón	Mantenimiento	ADR	Día	NIOSH 6009

Tabla 51. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Julio

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	TWA-TLV corregido (mg/m ³)	Dosis absorbida	Nivel de Riesgo
1	Técnico Multifuncional de Planta	Retorta de cemento electrolítico	Refinería	0.0350	0.0208	168.27%	Alto

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	TWA-TLV corregido (mg/m ³)	Dosis absorbida	Nivel de Riesgo
		(Pesaje de bandejas con cemento electrolítico)					
2	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (basculado de material fundido, lavado de barras)	Refinería	0.0920	0.0208	442.31%	Alto
3	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Refinería	0.0980	0.0208	471.15%	Alto
4	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Refinería	0.0460	0.0208	221.15%	Alto
5	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de carbón del filtro prensa, adsorción y desorción de columnas	ADR	0.0244	0.0208	117.31%	Alto
6	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas (lavado de celdas electrolíticas)	Refinería	0.0195	0.0208	93.75%	Medio
7	Operador Multifuncional de Planta	Disposición de carbón activado en sacos	ADR	0.0128	0.0208	61.54%	Medio
8	Operador Multifuncional de Planta	Armado y desarmado de celdas de lixiviación (tendido de mangueras)	Lixiviación	0.0036	0.0208	17.31%	Bajo
9	Mecánico de Producción	Desmontaje y montaje de válvulas en línea de transferencia de carbón	ADR	0.0151	0.0208	72.60%	Medio

Tabla 52. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Julio

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Concentración máxima con uso adecuado del respirador (mg/m ³)	Nivel de protección con EPP
1	Técnico Multifuncional de Planta	Retorta de cemento electrolítico (Pesaje de bandejas con cemento electrolítico)	Refinería	0.0350	1.040	Aceptable

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Concentración máxima con uso adecuado del respirador (mg/m ³)	Nivel de protección con EPP
2	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (basculado de material fundido, lavado de barras)	Refinería	0.0920	1.040	Aceptable
3	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (homero)	Refinería	0.0980	1.040	Aceptable
4	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Refinería	0.0460	1.040	Aceptable
5	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de carbón del filtro prensa, adsorción y desorción de columnas	ADR	0.0244	1.040	Aceptable
6	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas ((lavado de celdas electrolíticas)	Refinería	0.0195	1.040	Aceptable
7	Operador Multifuncional de Planta	Disposición de carbón activado en sacos	ADR	0.0128	1.040	Aceptable
8	Operador Multifuncional de Planta	Armado y desarmado de celdas de lixiviación (tendido de mangueras)	Lixiviación	0.0036	0.208	Aceptable
9	Mecánico de Producción	Desmontaje y montaje de válvulas en línea de transferencia de carbón	ADR	0.0151	1.040	Aceptable

Dosimetrías de vapor de mercurio en agosto

En el mes de agosto se evaluaron en total 09 trabajadores, todos ellos del área de Planta, siendo evaluados los puestos de trabajo de Operador Multifuncional de Planta y Técnico Multifuncional de Planta, según las diferentes actividades realizadas en refinería y planta ADR principalmente, sin embargo se consideró también en Lixiviación y Chancado.

Cabe resaltar que las metodologías empleadas para estas dosimetrías de vapor de mercurio fueron NIOSH 6009 y OSHA ID – 140.

Tabla 53. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados – Agosto

N°	Fecha	Puesto de Trabajo	Actividad	Área	Lugar	Turno	Metodología
1	14/08/2017	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de líneas de fajas transportadoras y Apron Feeder	Planta	Chancado	Día	NIOSH 6009
2	17/08/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (ayudante de homero)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
3	17/08/2017	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (homero)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
4	17/08/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (basculado de material fundido)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
5	17/08/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
6	13/08/2017	Operador Multifuncional de Planta	Revisión de parámetros en las celdas	Planta	Lixiviación	Día	NIOSH 6009
7	17/08/2017	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de funcionamiento de planta	Planta	ADR	Día	NIOSH 6009
8	15/08/2017	Operador Multifuncional de Planta	Retorta de cemento electrolítico (Pesaje de bandejas con cemento electrolítico)	Planta	Refinería	Día	NIOSH 6009
9	15/08/2017	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas (purga de agua de las celdas, Lavado de celdas electrolíticas, cosecha en filtro prensa)	Planta	Refinería	Día	NIOSH 6009

Tabla 54. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Agosto

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	TWA-TLV corregido (mg/m ³)	Dosis absorbida	Nivel de Riesgo
1	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de líneas de fajas transportadoras y Apron Feeder	Chancado	0.0020	0.0208	9.62%	Bajo

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	TWA-TLV corregido (mg/m ³)	Dosis absorbida	Nivel de Riesgo
2	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (ayudante de hornero)	Refinería	0.0720	0.0208	346.15%	Alto
3	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Refinería	0.2350	0.0208	1129.81%	Alto
4	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (basculado de material fundido)	Refinería	0.1870	0.0208	899.04%	Alto
5	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Refinería	0.0260	0.0208	125.00%	Alto
6	Operador Multifuncional de Planta	Revisión de parámetros en las celdas	Lixiviación	0.0030	0.0208	14.42%	Bajo
7	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de funcionamiento de planta	ADR	0.0020	0.0208	9.62%	Bajo
8	Operador Multifuncional de Planta	Retorta de cemento electrolítico (Pesaje de bandejas con cemento electrolítico)	Refinería	0.0170	0.0208	81.73%	Medio
9	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas (purga de agua de las celdas, Lavado de celdas electrolíticas, cosecha en filtro prensa)	Refinería	0.0270	0.0208	129.81%	Alto

Tabla 55. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Agosto

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Concentración máxima con uso adecuado del respirador (mg/m ³)	Nivel de protección con EPP
1	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de líneas de fajas transportadoras y Apron Feeder	Chancado	0.0020	1.040	Aceptable

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Concentración máxima con uso adecuado del respirador (mg/m ³)	Nivel de protección con EPP
2	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (ayudante de hornero)	Refinería	0.0720	1.040	Aceptable
3	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Refinería	0.2350	1.040	Aceptable
4	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (basculado de material fundido)	Refinería	0.1870	1.040	Aceptable
5	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Refinería	0.0260	1.040	Aceptable
6	Operador Multifuncional de Planta	Revisión de parámetros en las celdas	Lixiviación	0.0030	0.208	Aceptable
7	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de funcionamiento de planta	ADR	0.0020	1.040	Aceptable
8	Operador Multifuncional de Planta	Retorta de cemento electrolítico (Pesaje de bandejas con cemento electrolítico)	Refinería	0.0170	1.040	Aceptable
9	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas (purga de agua de las celdas, Lavado de celdas electrolíticas, cosecha en filtro prensa)	Refinería	0.0270	1.040	Aceptable

Dosimetrías de vapor de mercurio en setiembre

En el mes de setiembre se evaluaron en total 11 trabajadores, 09 del área de Planta (siendo evaluados los puestos de trabajo de Operador Multifuncional de Planta y Técnico Multifuncional de Planta) y 02 del área de Mantenimiento (siendo evaluados los puestos de trabajo de Mecánico de Producción y Técnico Mecánico). Estas evaluaciones se realizaron según las diferentes actividades realizadas en refinería y planta ADR principalmente, sin embargo se consideró también en Lixiviación y Chancado.

Cabe resaltar que las metodologías empleadas para estas dosimetrías de vapor de mercurio fueron NIOSH 6009 y OSHA ID – 140.

Tabla 56. Datos generales de los puestos de trabajo evaluados – Setiembre

N°	Fecha	Puesto de Trabajo	Actividad	Área	Lugar	Turno	Metodología
1	16/09/2017	Operador Multifuncional de Planta	Retorta de cemento electrolítico (homogenización de cemento electrolítico, encendido de horno)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
2	17/09/2017	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
3	17/09/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (basculado de material fundido)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
4	17/09/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lingotero)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
5	17/09/2017	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
6	14/09/2017	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de líneas de fajas transportadoras y Apron Feeder	Planta	Chancado	Día	NIOSH 6009
7	14/09/2017	Mecánico de Producción	Desmontaje y montaje de válvulas en línea de transferencia de carbón	Mantenimiento	ADR	Día	NIOSH 6009
8	15/09/2017	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas (lavado de celdas electrolíticas, filtrado de cemento electrolítico)	Planta	Refinería	Día	OSHA ID - 140
9	15/09/2017	Técnico Mecánico	Instalación de filtros, inspección de bomba diafragma en refinería, montaje de intercambiadores de calor	Mantenimiento	Refinería	Día	NIOSH 6009
10	17/09/2017	Operador Multifuncional de Planta	Armado de celdas, limpieza de celdas, llenado de escoria en bolsas	Planta	Refinería	Noche	NIOSH 6009

N°	Fecha	Puesto de Trabajo	Actividad	Área	Lugar	Turno	Metodología
11	18/09/2017	Operador Multifuncional de Planta	Lavado de filtros, traslado de rollos de manguera	Planta	Lixiviación	Día	NIOSH 6009

Tabla 57. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio – Setiembre

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	TWA-TLV corregido (mg/m ³)	Dosis absorbida	Nivel de Riesgo
1	Operador Multifuncional de Planta	Retorta de cemento electrolítico (homogenización de cemento electrolítico, encendido de horno)	Refinería	0.0240	0.0208	115.38%	Alto
2	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (hornero)	Refinería	0.0290	0.0208	139.42%	Alto
3	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (basculado de material fundido)	Refinería	0.0380	0.0208	182.69%	Alto
4	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lingotero)	Refinería	0.0610	0.0208	293.27%	Alto
5	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Refinería	0.0290	0.0208	139.42%	Alto
6	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de líneas de fajas transportadoras y Apron Feeder	Chancado	0.0015	0.0208	7.21%	Bajo
7	Mecánico de Producción	Desmontaje y montaje de válvulas en línea de transferencia de carbón	ADR	0.0492	0.0208	236.54%	Alto
8	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas (lavado de celdas electrolíticas, filtrado de cemento electrolítico)	Refinería	0.0164	0.0208	78.85%	Medio

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	TWA-TLV corregido (mg/m ³)	Dosis absorbida	Nivel de Riesgo
9	Técnico Mecánico	Instalación de filtros, inspección de bomba diafragma en refinería, montaje de intercambiadores de calor	Refinería	0.0312	0.0208	150.00%	Alto
10	Operador Multifuncional de Planta	Armado de celdas, limpieza de celdas, llenado de escoria en bolsas	Refinería	0.0071	0.0208	34.13%	Bajo
11	Operador Multifuncional de Planta	Lavado de filtros, traslado de rollos de manguera	Lixiviación	0.0024	0.0208	11.54%	Bajo

Tabla 58. Resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio, considerando el uso del protector respiratorio – Setiembre

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Concentración máxima con uso adecuado del respirador (mg/m ³)	Nivel de protección con EPP
1	Operador Multifuncional de Planta	Retorta de cemento electrolítico (homogenización de cemento electrolítico, encendido de horno)	Refinería	0.0240	1.040	Aceptable
2	Técnico Multifuncional de Planta	Fundición (homero)	Refinería	0.0290	1.040	Aceptable
3	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (basculado de material fundido)	Refinería	0.0380	1.040	Aceptable
4	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lingotero)	Refinería	0.0610	1.040	Aceptable
5	Operador Multifuncional de Planta	Fundición (lavado de barras)	Refinería	0.0290	1.040	Aceptable
6	Operador Multifuncional de Planta	Supervisión de líneas de fajas transportadoras y Apron Feeder	Chancado	0.0015	0.208	Aceptable

N°	Puesto de Trabajo	Actividad	Lugar	Concentración de vapor de Hg (mg/m ³)	Concentración máxima con uso adecuado del respirador (mg/m ³)	Nivel de protección con EPP
7	Mecánico de Producción	Desmontaje y montaje de válvulas en línea de transferencia de carbón	ADR	0.0492	1.040	Aceptable
8	Operador Multifuncional de Planta	Cosecha de celdas electrolíticas (lavado de celdas electrolíticas, filtrado de cemento electrolítico)	Refinería	0.0164	1.040	Aceptable
9	Técnico Mecánico	Instalación de filtros, inspección de bomba diafragma en refinería, montaje de intercambiadores de calor	Refinería	0.0312	1.040	Aceptable
10	Operador Multifuncional de Planta	Armado de celdas, limpieza de celdas, llenado de escoria en bolsas	Refinería	0.0071	1.040	Aceptable
11	Operador Multifuncional de Planta	Lavado de filtros, traslado de rollos de manguera	Lixiviación	0.0024	0.208	Aceptable

6.7.1. Evolución en la concentración de vapor según dosimetrías por actividades realizadas en Refinería

A continuación se muestra a través de gráficos la variación en la concentración de vapor de mercurio según la actividad realizada por los trabajadores del área de Planta, esto de acuerdo a las dosimetrías de vapor de mercurio realizadas a los diferentes puestos de trabajo.

Tener en cuenta que de acuerdo al punto 5.3.4, en el cual se describen las actividades según el mapa de procesos de la unidad, las actividades críticas identificadas son las siguientes:

- Lavado y filtrado de cemento electrolítico (cosecha de celdas electrolíticas).

- Retorteo de cemento electrolítico (retorta).
- Fundición del cemento electrolítico seco (fundición).

Cabe resaltar que el retorteo se ejecuta inmediatamente después de la cosecha, por lo cual es una parte de dicha actividad, sin embargo, se consideró analizarla de manera separada ya que el horno de retorta es una zona de alta concentración de vapor de mercurio.

Durante la actividad de fundición de cemento electrolítico, hay en total 06 trabajadores participando, ellos se reparten las tareas de la siguiente forma, las llamaremos “puestos efectivos” (debido a que es lo que realizan al dar seguimiento a la actividad en campo):

- a) Hornero:** es el encargado de verificar y controlar el peso del cemento seco descargado de la retorta, mezclar el cemento electrolítico con los fundentes (bórax, carbonato de sodio, sílice y nitrato de potasio), enciende el horno de inducción, dosifica el cemento mezclado en el horno, toma muestras de material fundido y lidera el proceso de la colada del metal líquido. El puesto de trabajo que se encarga de esta tarea es el Técnico Multifuncional de Planta.
- b) Ayudante de hornero:** se encarga de la descarga, pesado y muestreo del cemento seco de la retorta, apoya al hornero en la mezcla de cemento electrolítico con los fundentes, coloca el cemento mezclado en bolsas para que el hornero pueda dosificar en el horno y en algunas ocasiones apoya en el colado de material fundido. El puesto de trabajo que se encarga de esta tarea es el Operador Multifuncional de Planta y en algunas ocasiones el Técnico Multifuncional de Planta.
- c) Basculador:** es el encargado de realizar la colada del metal líquido en las lingoteras operando con suma precaución el horno para no derramar el material fundido y apoya en el desmolde de las barras doré de las lingoteras. El puesto de trabajo que se encarga de esta tarea es el Operador Multifuncional de Planta.

d) **Lingotero:** se encarga del traslado del carrito lingotero cuidando que este no se voltee y realiza el desmolde de la barra doré de las lingoteras. El puesto de trabajo que se encarga de esta tarea es el Operador Multifuncional de Planta.

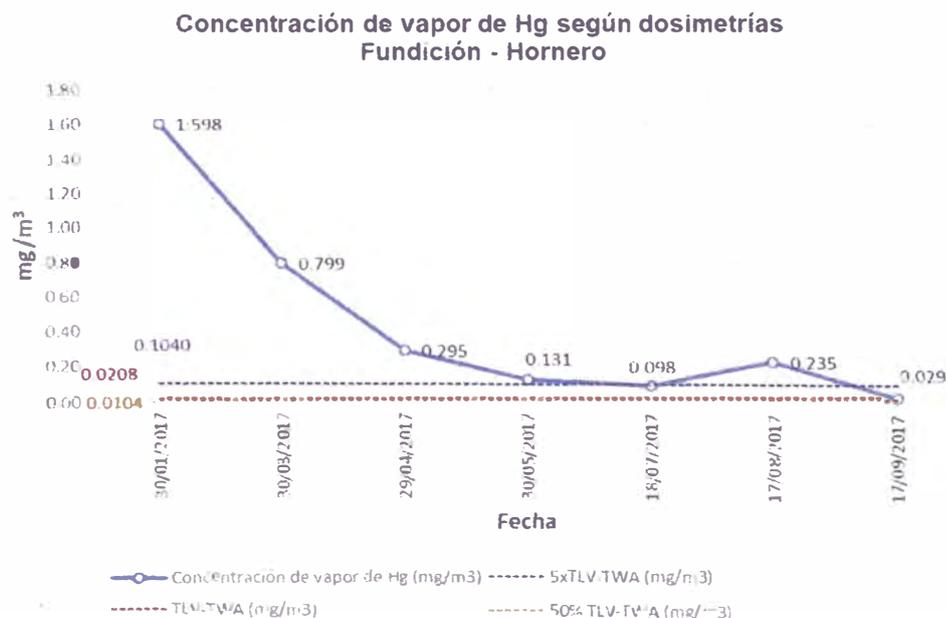
e) **Lavador de barras doré:** realiza el lavado y limpieza de las barras doré después de haberlo enfriado en agua, para ello utiliza cepillos metálicos y limpiadores mecánicos, y apoya en el desmolde de la barra doré de las lingoteras. El puesto de trabajo que se encarga de esta tarea es el Operador Multifuncional de Planta.

De acuerdo a lo mencionado, veremos los siguientes gráficos:

Hornero

En el siguiente gráfico veremos los resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio realizadas durante actividades de fundición para el “puesto efectivo de Hornero”, en el cual se puede notar la disminución en los valores de la concentración a la cual se exponen.

Gráfico 30. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Hornero

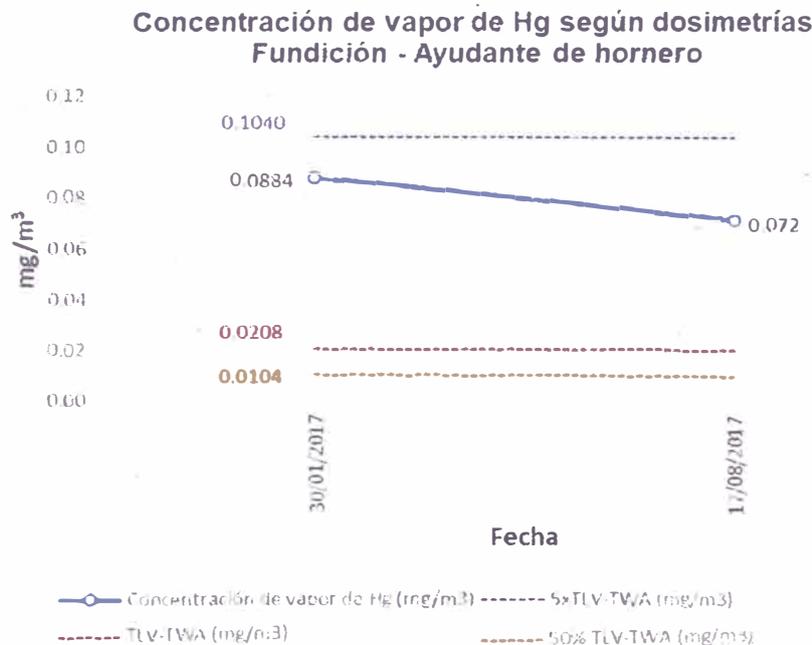


Del gráfico anterior se puede notar que los valores en la concentración fueron reduciendo desde un pico reportado de **1.598 mg/m³** en el mes de enero del 2017 hasta un valor mínimo de **0.029 mg/m³** en el mes de setiembre del 2017. Cabe resaltar que en agosto del 2017 se reportó un valor de **0.235 mg/m³** representado un incremento respecto a monitoreos anteriores, esto debido a que el personal evaluado de estar en el grupo de No Exposición en diciembre del 2016, pasó al grupo de activos mayo del 2017 y en fundición volvió a participar recién en este monitoreo por lo cual recién estaba aplicando las medidas de control implementadas.

Ayudante de hornero

En el siguiente gráfico veremos los resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio realizadas durante actividades de fundición para el “puesto efectivo de Ayudante de Hornero”, en el cual se puede notar la disminución en los valores de la concentración a la cual se exponen.

Gráfico 31. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Ayudante de hornero

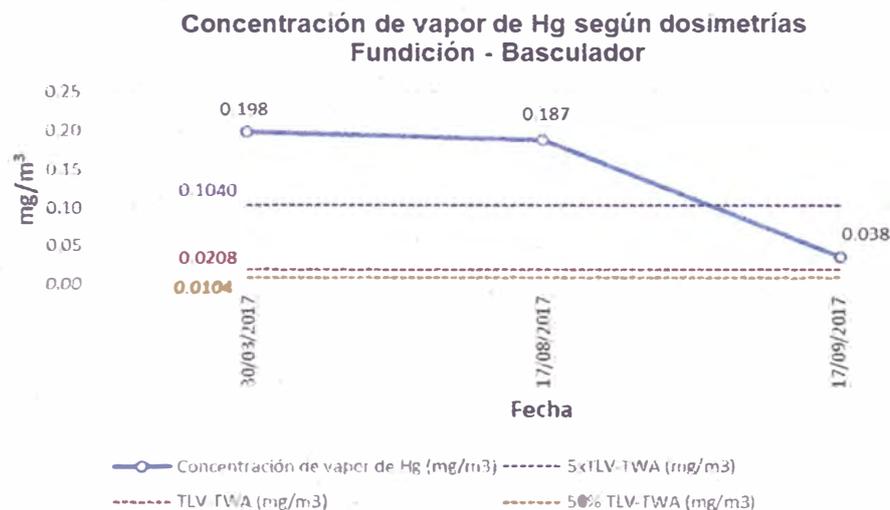


Del gráfico anterior se observa que los valores de las dosimetrías estuvieron por encima del TLV - TWA pero por debajo de 5 veces dicho TLV – TWA, al haber solo dos mediciones realizadas en enero y agosto del 2017 se puede notar que disminuyó de **0.0884 mg/m³** a **0.072 mg/m³**.

Basculador

En el siguiente gráfico veremos los resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio realizadas durante actividades de fundición para el “puesto efectivo de Basculador”, en el cual se puede notar la disminución en los valores de la concentración a la cual se exponen.

Gráfico 32. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Basculador



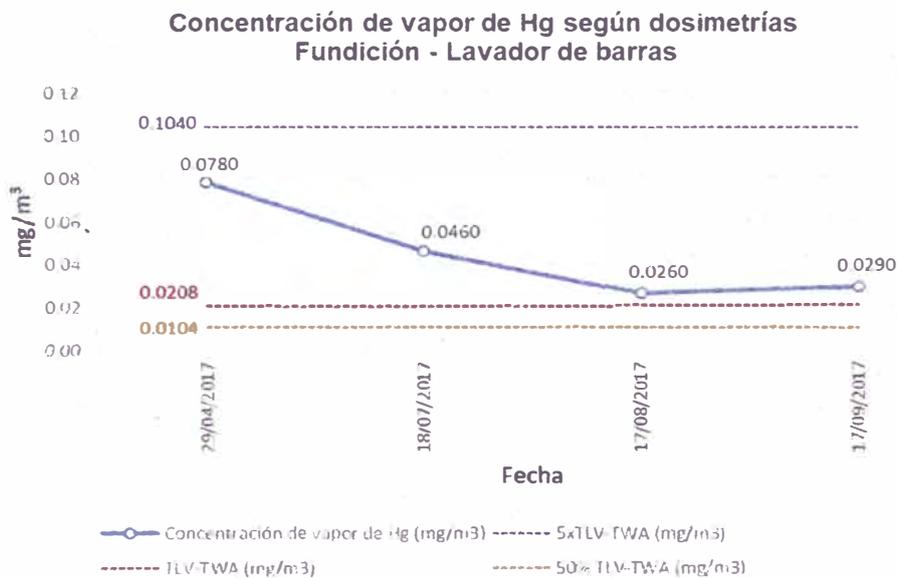
Del gráfico anterior se puede notar que los valores de las dosimetrías se encuentran por encima del TLV – TWA, sin embargo dichos valores fueron reduciendo desde el máximo valor reportado de **0.198 mg/m³** en el mes de marzo del 2017 hasta un mínimo de **0.038 mg/m³** en setiembre del 2017.

Lavador de barras

En el siguiente gráfico veremos los resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio realizadas durante actividades de fundición para el “puesto

efectivo de lavador de barras”, en el cual se puede notar la disminución en los valores de la concentración a la cual se exponen.

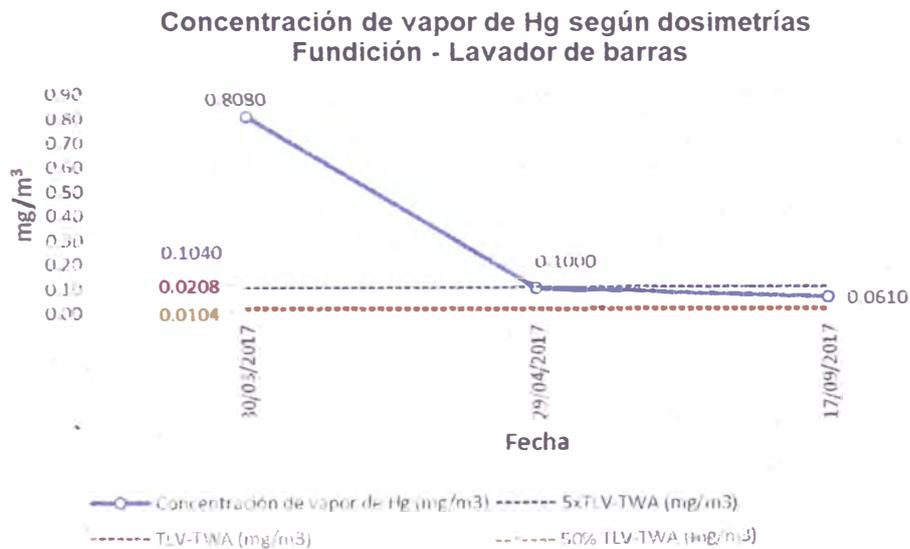
Gráfico 33. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Lavador de barras



Del gráfico anterior se puede notar que los valores de las dosimetrías se encuentran por encima del TLV – TWA, sin embargo dichos valores fueron reduciendo desde el máximo valor reportado de **0.078 mg/m³** en el mes de abril del 2017 hasta un mínimo de **0.026 mg/m³** en agosto del 2017 y el último valor reportado en setiembre, nos da un valor de **0.029 mg/m³**.

Lingotero

En el siguiente gráfico veremos los resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio realizadas durante actividades de fundición para el “puesto efectivo de lingotero”, en el cual se puede notar la disminución en los valores de la concentración a la cual se exponen.

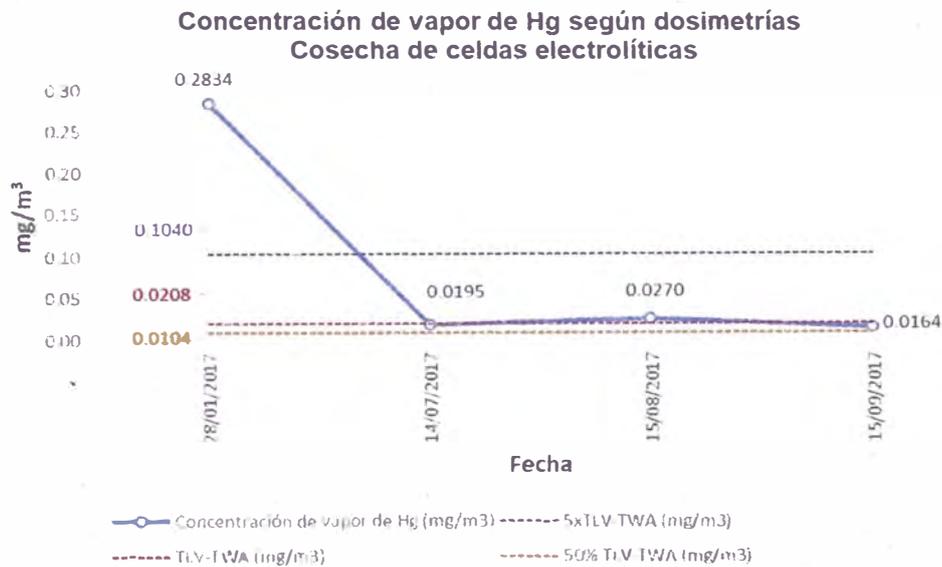
Gráfico 34. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Lingotero

Del gráfico anterior se puede notar que los valores de las dosimetrías se encuentran por encima del TLV – TWA, sin embargo dichos valores fueron reduciendo desde el máximo valor reportado de **0.808 mg/m³** en el mes de marzo del 2017 hasta un mínimo de **0.061 mg/m³** en setiembre del 2017.

Lavado y filtrado de cemento electrolítico (Cosecha de celdas electrolíticas)

En el siguiente gráfico veremos los resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio realizadas durante actividades de cosecha de celdas electrolíticas en el cual se extrae el cemento electrolítico, en el cual se puede notar la disminución en los valores de la concentración a la cual se exponen.

Gráfico 35. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Cosecha de celdas electrolíticas

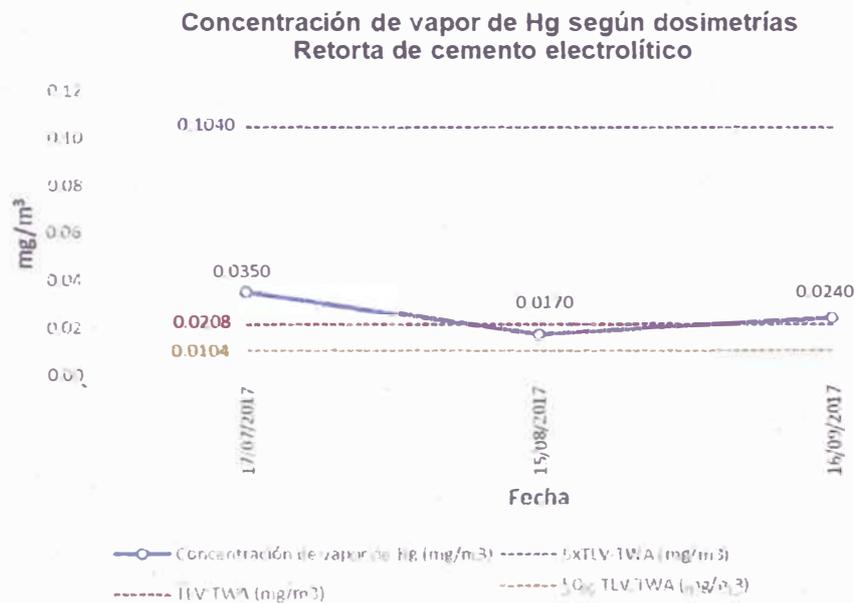


Del gráfico anterior se puede notar que los valores de las dosimetrías se encuentran por encima del TLV – TWA, sin embargo dichos valores fueron reduciendo desde el máximo valor reportado de **0.2834 mg/m³** en el mes de enero del 2017 hasta un mínimo de **0.0164 mg/m³** en setiembre del 2017.

Retorteo de cemento electrolítico (retorta)

En el siguiente gráfico veremos los resultados de las dosimetrías de vapor de mercurio realizadas durante actividades de retorteo de cemento electrolítico con el objetivo de separar el agua y mercurio de la pasta electrolítica y obtener el cemento seco.

Gráfico 36. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Retorta de cemento electrolítico



Del gráfico anterior se puede notar que los valores de las dosimetrías se encuentran por encima del TLV – TWA, sin embargo en agosto del 2017 se reportó un valor por debajo del TLV – TWA de **0.017 mg/m³**. El máximo valor reportado fue de **0.035 mg/m³** en el mes de julio del 2017.

6.7.2. Evolución en la concentración de vapor según dosimetrías por actividades realizadas en ADR

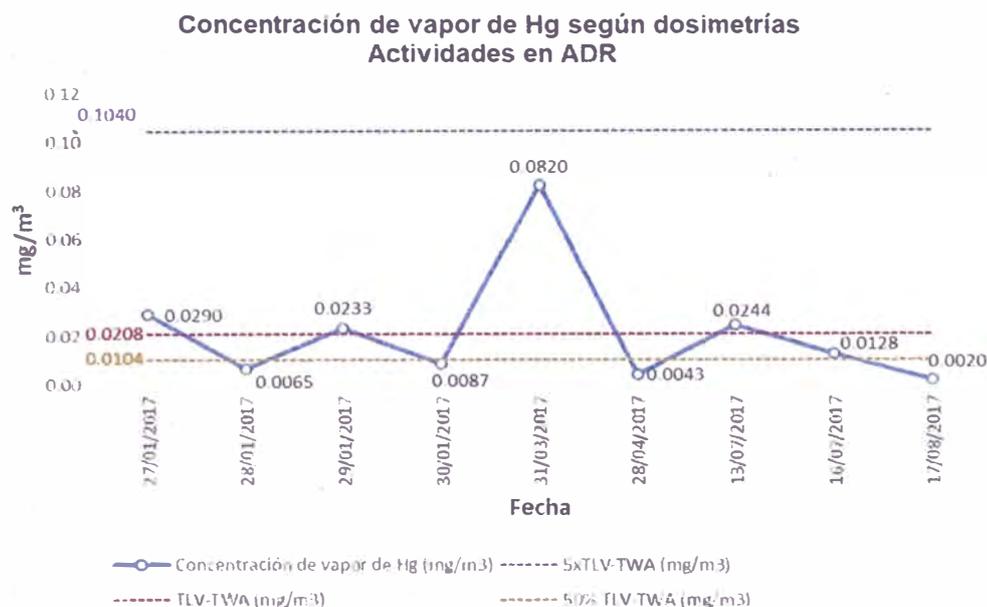
A continuación se muestra a través de un gráfico la variación en la concentración de vapor de mercurio en actividades realizada por los trabajadores del área de Planta en la zona de ADR, esto de acuerdo a las dosimetrías de vapor de mercurio realizadas a los diferentes puestos de trabajo.

Tener en cuenta que las actividades identificadas en los monitoreos que se realizan en ADR son las siguientes:

- Transferencia de carbón y supervisión de funcionamiento de planta.
- Preparación de solución cianurada y supervisión de equipos de planta.

- Control de parámetros en columnas de adsorción y desorción.
- Cosecha de carbón del filtro prensa, adsorción y desorción de columnas.
- Disposición de carbón activado en sacos.

Gráfico 37. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Actividades en ADR



Del gráfico anterior se puede notar que los valores se mantuvieron por encima y por debajo del límite máximo permisible, en algunos casos por debajo del nivel de acción. Se tiene un máximo reportado de **0.0820 mg/m³** en marzo del 2017 debido a que el personal evaluado estuvo realizando el control en adsorción y desorción con carbón activado. El valor mínimo reportado fue de **0.0020 mg/m³** en el mes de agosto, valor por debajo del nivel acción.

6.7.3. Dosimetrías realizadas en áreas de rotación

Como parte de las acciones realizadas para evitar la sobreexposición de los colaboradores, aquellos que tuvieron valores en su IBE por encima del límite permisible fueron rotados a áreas de los subprocesos de chancado y lixiviación, por lo cual también se consideró realizar las dosimetrías en

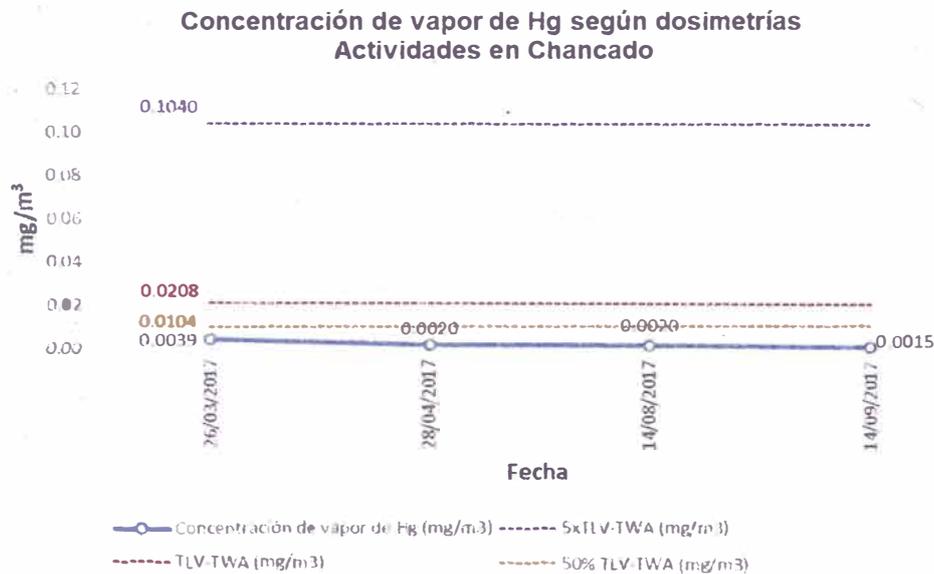
dichos puntos, teniéndose las siguientes variaciones en la concentración de vapor de mercurio.

Dosimetrías en Chancado

A continuación se listan las principales actividades realizadas en la zona de chancado:

- Arranque de chancadora y reclamo de mineral.
- Operación de Chancado y reclamo de mineral, en el cual las tareas principales son: operación de rompebancos, trituración de mineral, transporte de mineral a través de las fajas transportadoras y dosificación de cal viva.
- Supervisión de líneas de fajas transportadoras y del Apron Feeder.

Gráfico 38. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Actividades en Chancado



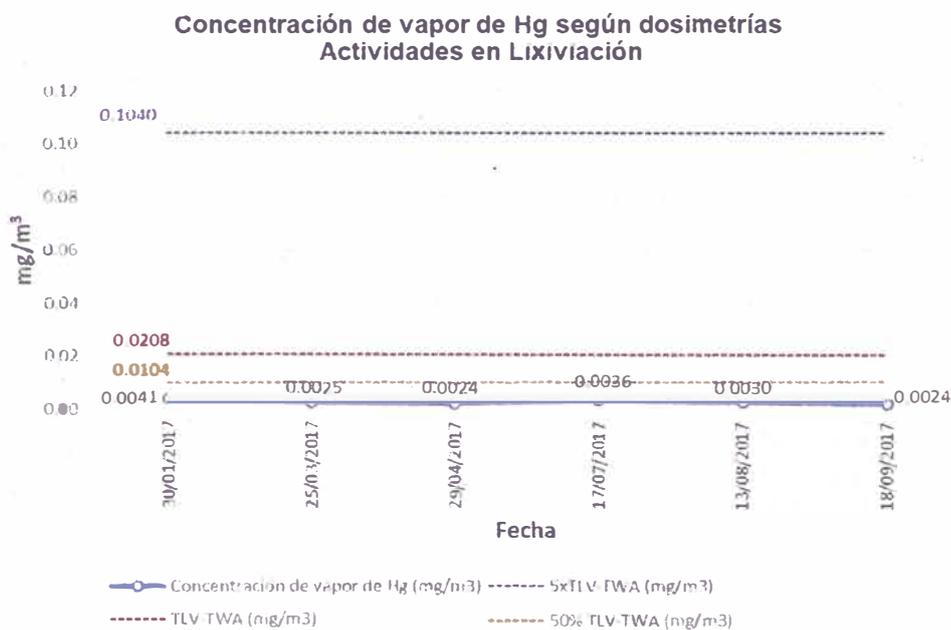
Del gráfico anterior se puede notar que los valores reportados se encuentran por debajo del nivel de acción representando un nivel de riesgo bajo.

Dosimetrías en Lixiviación

A continuación se listan las principales actividades realizadas en la zona de lixiviación:

- Apilamiento y muestreo de mineral.
- Preparación y Montaje de las tuberías de HDPE al equipo de termofusión.
- Tendido de mangueras para armado de sistema de riego con solución cianurada.
- Traslado de mangueras para el armado de celdas.
- Control de flujo y presiones de sistema de riego (revisión de parámetros en las celdas).

Gráfico 39. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Actividades en Lixiviación



Del gráfico anterior se puede notar que los valores reportados se encuentran por debajo del nivel de acción representando un nivel de riesgo bajo.

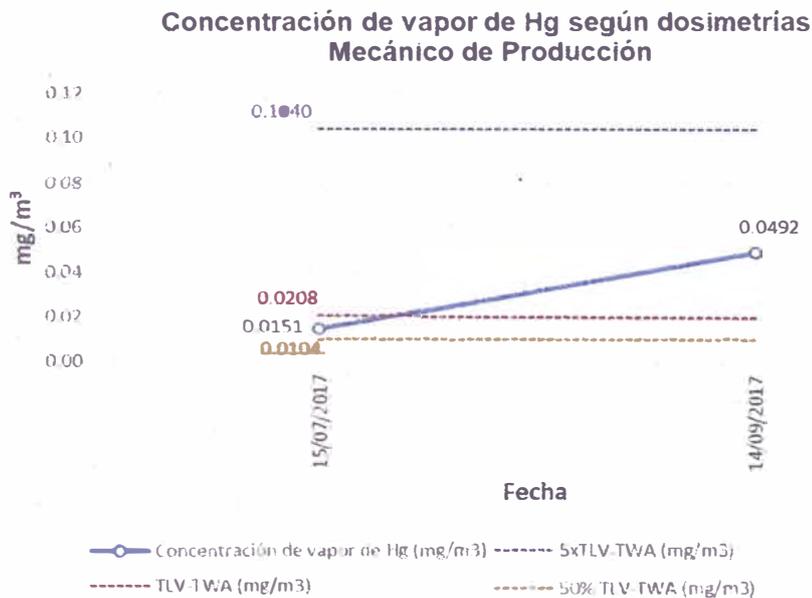
6.7.4. Dosimetrías realizadas a trabajadores del área de Mantenimiento

Para trabajadores del área de Mantenimiento, solo se realizaron 03 monitoreos en el año 2017 y a los puestos de Mecánico de Producción y Técnico Mecánico. Se tienen los siguientes resultados por puesto de trabajo:

Mecánico de Producción

Para este puesto de trabajo se evaluó la actividad de desmontaje y montaje de válvulas en líneas de transferencia de carbón activado en la zona de ADR. En el siguiente gráfico se muestra los resultados de las dosimetrías:

Gráfico 40. Evolución de la exposición a vapor de mercurio – Mecánico de Producción de Producción



Del gráfico anterior se puede notar que se hicieron dos mediciones, en julio del 2017 con un valor de **0.0151 mg/m³** que se encuentra por debajo del límite máximo permisible y otra medición en setiembre con un valor de **0.0492 mg/m³** que se encuentra por encima del límite ello debido a que durante esta evaluación el trabajador realizaba la instalación de filtros en

la bomba diafragma durante la actividad de cosecha de celdas electrolíticas.

Técnico Mecánico

Para el caso de este puesto de trabajo solo se evaluó en una sola oportunidad durante la ejecución de la actividad de Instalación de filtros, inspección de bomba diafragma en refinería y montaje de intercambiadores de calor. Esta actividad se realiza durante la cosecha de celdas electrolíticas debido a fallos que se pueda presentar en la bomba diafragma ubicado entre las celdas electrolíticas y el filtro prensa.

La dosimetría se realizó el 15/09/2017 obteniéndose una concentración de vapor de mercurio de **0.0312 mg/m³**, valor que se encuentra por encima del límite máximo permisible representado un nivel de riesgo alto.

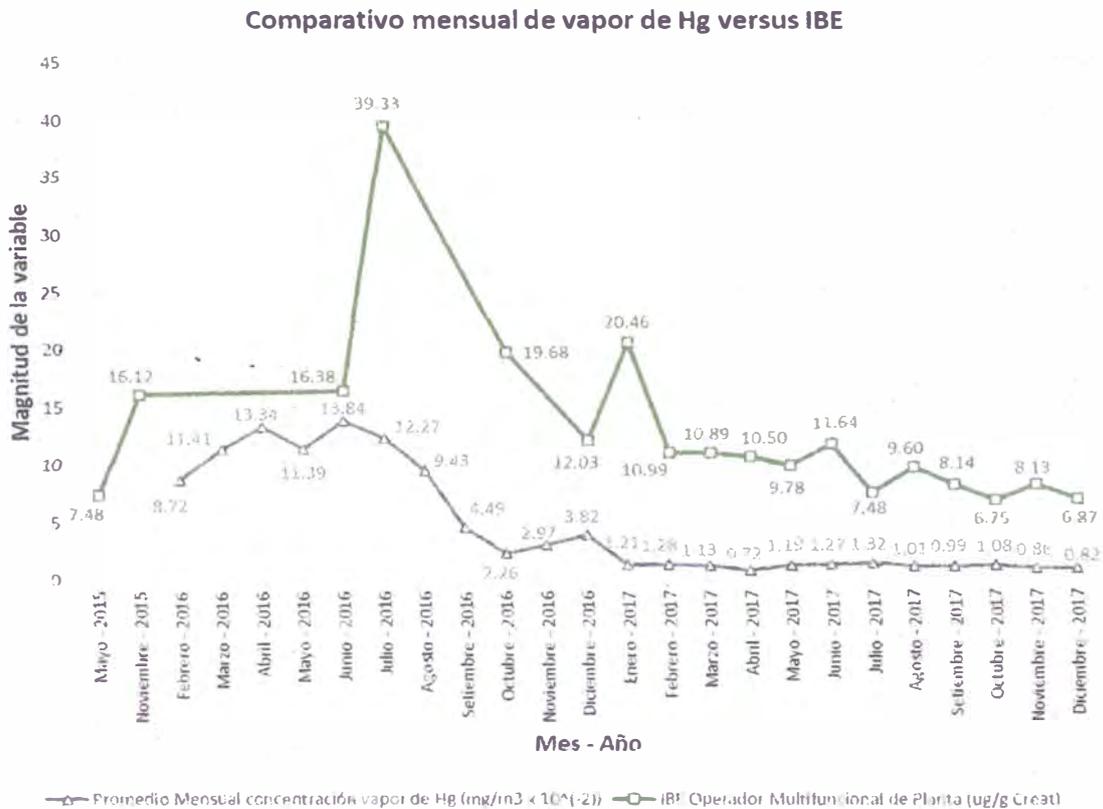
6.8. Comparativo de la evolución de mercurio en ambiente versus IBE

Ahora observaremos el comparativo en la evolución de la concentración de vapor de mercurio en el ambiente versus el IBE para mercurio en orina de acuerdo a lo mostrado en el punto 6.2 y punto 6.4, tener en cuenta que los valores comparados son los promedios mensuales. Para ello se considerará realizar el comparativo entre los puestos de trabajo del área de Planta y las mediciones ambientales realizadas en la zona de Refinería.

Comparativo para el Operador Multifuncional de Planta

En el siguiente gráfico se muestra el comparativo de la evolución de mercurio en ambiente versus IBE del Operador Multifuncional de Planta. Tener en cuenta que a la magnitud de la concentración de vapor de mercurio en ambiente se le está multiplicando por un factor de 100 para que pueda apreciarse en el gráfico comparativo.

Gráfico 41. Comparativo de vapor de Hg versus IBE – Operador Multifuncional de Planta

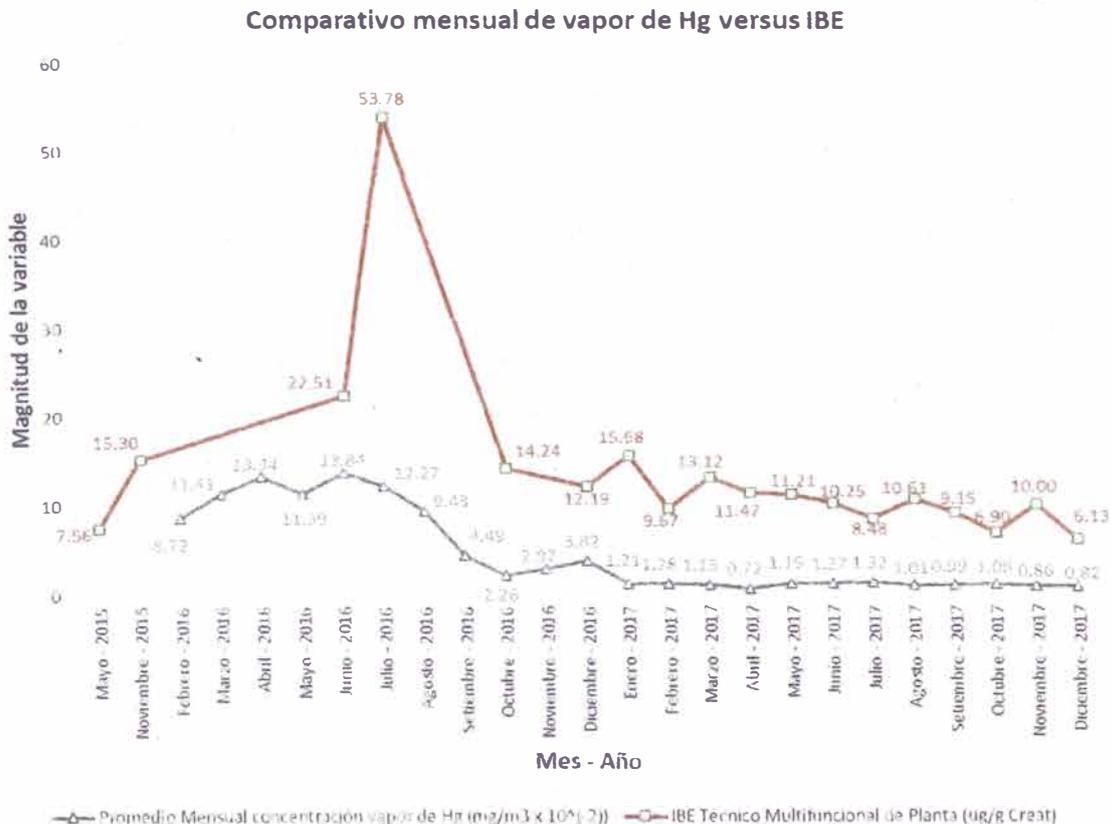


Del gráfico anterior se puede notar que tanto los promedios mensuales en IBE como de las concentraciones promedio mensual fueron disminuyendo para el Operador Multifuncional de Planta.

Comparativo para el Técnico Multifuncional de Planta

En el siguiente gráfico se muestra el comparativo de la evolución de mercurio en ambiente versus IBE del Técnico Multifuncional de Planta. Tener en cuenta que a la magnitud de la concentración de vapor de mercurio en ambiente se le está multiplicando por un factor de 100 para que pueda apreciarse en el gráfico comparativo.

Gráfico 42. Comparativo de vapor de Hg versus IBE – Técnico Multifuncional de Planta



Del gráfico anterior se puede notar que tanto los promedios mensuales en IBE como de las concentraciones promedio mensual fueron disminuyendo para el Técnico Multifuncional de Planta.

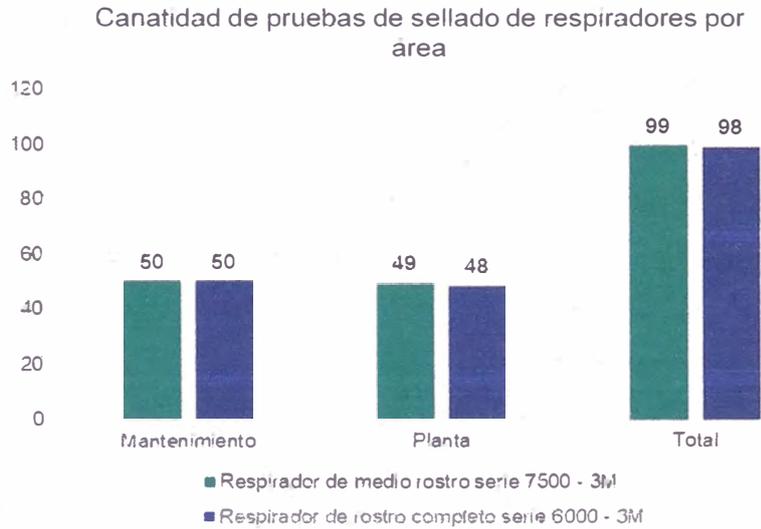
6.9. Resultados de pruebas de sellado de respiradores Portacount

Las pruebas se realizaron entre los meses de febrero del 2017 a enero del 2018 por un proveedor externo del servicio representante de la marca 3M. En los siguientes gráficos se muestra el resumen de los resultados respecto a la cantidad de pruebas realizadas.

En total se evaluaron a 49 trabajadores del área de Planta y a 50 del área de Mantenimiento en el cual se determinó la talla adecuada para cada uno

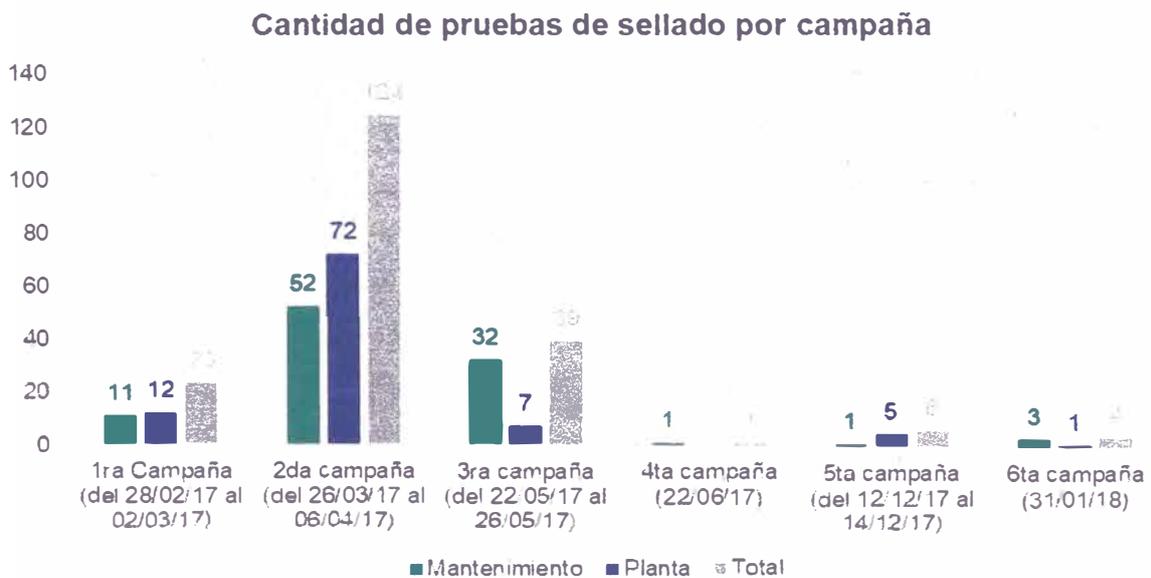
de ellos respecto al tipo de respirador a emplear sea de medio rostro o rostro completo.

Gráfico 43. Cantidad de pruebas realizadas por tipo de respirador



Las pruebas se realizaron en 6 campañas programadas debido a que dichas pruebas eran realizadas por un proveedor externo representante de 3M, en el siguiente gráfico se muestra un resumen de la cantidad de pruebas ejecutadas por campaña:

Gráfico 44. Cantidad de pruebas realizadas por tipo de respirador



7. CAPITULO VII. DISCUSION

El estudio se enfoca en analizar si las medidas de control implementadas debido a la problemática de sobreexposición a vapor de mercurio de los trabajadores logran reducir los niveles de exposición a dicho agente, ello verificándose a través de la reducción en los valores de la concentración de las mediciones diarias realizadas con el equipo de lectura directa Jerome 431-X, en la reducción de los valores en los indicadores biológicos IBE para mercurio en orina de los trabajadores, y también en la reducción de las concentraciones realizadas en las dosimetrías de vapor de mercurio a los puestos de trabajo. Así mismo se tomó como referencia estudios de investigación asociado a la implementación de buenas prácticas de higiene ocupacional para reducir los riesgos de exposición a mercurio en minería, como el presentado por Ramirez (2004) que demuestra la disminución progresiva en la concentración de vapor de mercurio en el ambiente y en los IBE de los trabajadores luego de implementar un conjunto de medidas de control en una refinería de oro.

Fue muy importante realizar el diagnóstico de la situación en que se encontraban las áreas afectadas por los casos de sobreexposición hallados ya que permitió identificar las actividades críticas que en este caso fueron las actividades de cosecha de celdas electrolíticas, retorteo de cemento electrolítico y fundición de cemento electrolítico seco, identificar las fuentes de exposición a través de puntos de monitoreo establecidos, y determinar las medidas de control para reducir los niveles de exposición.

Los resultados demuestran que las medidas de control implementadas para reducir la exposición de los trabajadores a vapor de mercurio tanto en la zona de ADR como en Refinería de la mina de oro, lograron influenciar positivamente en dicha reducción al hallarse menor concentración de vapor de mercurio en los ambientes de trabajo y mejorar los niveles de los indicadores biológicos de exposición de los trabajadores hasta ubicarse dentro de los niveles normales. Así mismo, se demuestra que la actividad más crítica respecto a niveles de concentración de vapor de mercurio es la de fundición de cemento electrolítico seco debido a que los valores se encuentran por encima del límite establecido,

sin embargo, dichos valores lograron reducirse sustancialmente, así también tenemos las actividades de cosecha de celdas electrolíticas y la de retorta. Es importante mencionar que dichas actividades se ejecutan en la zona denominada como Refinería y se requiere de personal operando de forma permanente, y en actividad de fundición también nos permitió realizar un análisis más detallado de las tareas realizadas por los trabajadores las cuales se llamaron “puestos efectivos” (Hornero, Ayudante de Hornero, Basculador, Lingotero y Lavador de Barras) debido a que es lo que cada trabajador realiza en campo; en caso de las actividades desarrolladas en la zona de ADR los valores de las concentraciones de vapor de mercurio pudieron controlarse hasta que los valores se hallaron por debajo del límite establecido por normativa.

El control en la evolución de los valores del IBE para mercurio de los trabajadores fue también importante para demostrar la influencia de las medidas de control implementadas reduciendo los niveles de exposición, a través de la evolución de los casos más resaltantes por individuos y también de los promedios mensuales por puesto de trabajo y de los máximos valores reportados observándose una importante disminución en dichos valores hasta encontrarse por debajo de los límites establecidos por la unidad minera. Se debe notar que dichos valores son muy variables ya que las cantidades de muestras y de trabajadores analizados varían mes a mes, no siendo constante las cantidades de muestras analizadas ni tampoco la población de los trabajadores debido al régimen laboral establecido, a las vacaciones de ley otorgadas a los trabajadores, entre otros factores, sin embargo, fue posible notar la reducción de los valores en los IBE de los trabajadores con lo que se concluye que los controles implementados influyeron en la reducción de la exposición a vapor de mercurio.

Esta investigación concluye que los controles establecidos para el control de la exposición a vapor de mercurio, técnicamente planteados y ejecutados con acciones conjuntas e integradas en cuanto a higiene ocupacional, salud laboral y en relación a las operaciones asociadas a la actividad, deviene en la mejoría de las concentraciones de vapor de mercurio en el ambiente de trabajo

demostrados con las mediciones diarias con el equipo de lectura directa y en base a las dosimetrías realizadas a los puestos de trabajo, también se observa la mejoría en los niveles del IBE de los trabajadores. También se puede mencionar que con la disminución de la concentración del agente en el ambiente de trabajo, los IBE de los trabajadores expuestos también disminuyen.

8. CAPITULO VIII. CONCLUSIONES

8.1. Conclusiones del diagnóstico

Realizar el diagnóstico contribuyó en el trabajo para determinar las causas de las sobreexposiciones a vapor de mercurio en las zonas de refinería y ADR y según ello implementar las medidas de control para reducir el nivel de exposición. Del diagnóstico se concluye lo siguiente:

- Hubo un incremento significativo en 321.88% en la producción de mercurio entre los años 2014 y 2015, y de 40.82% entre los años 2015 y 2016, en promedio por cada kilogramo de barra doré procesada se produce 1.2 kilogramos de mercurio (1.2 kg Hg / kg barra doré), ello sin considerar el mercurio que se evapora. El 2016 se produjo un máximo de 5728.54 kg de Hg.
- Las principales fuentes de emisión de vapor de mercurio debido a los procesos realizados fueron los equipos como las celdas electrolíticas, horno de fundición, horno de retorta, filtro prensa, los scrubbers y los hornos de reactivación térmica.
- Durante el año 2015 se evaluaron 25 trabajadores en su IBE de los cuales 18 fueron del área de Planta y 7 de Mantenimiento, en ningún caso de ellos excedieron el límite permisible establecido por norma nacional. El máximo valor reportado fue de **26.49 µg/gCreat** que corresponde a un Operador Multifuncional de Planta.

- Durante el año 2016 se evaluaron 89 trabajadores en su IBE de los cuales 43 fueron del área de Planta y 46 de Mantenimiento, del total 15 reportaron valores por encima del límite permisible establecido por norma nacional, 9 trabajadores del área de Planta y 6 de Mantenimiento, que representan un 60% y 40% respectivamente de casos. El máximo valor reportado fue de **94.97 $\mu\text{g/gCreat}$** que corresponde al Operador Multifuncional de Planta que reporto el valor más elevado en el año 2015; de los trabajadores del área de Mantenimiento el máximo reportado fue de **49.32 $\mu\text{g/gCreat}$** que corresponde a un Soldador.
- De los 9 casos reportados en el área de Planta, 3 fueron del puesto de Técnico Multifuncional de Planta y 6 fueron del puesto de Operador Multifuncional de Planta que representan un 33.33% y 66.67% respectivamente.
- De los 6 casos reportados en el área de Mantenimiento, 3 fueron del puesto de Mecánico de Producción, 2 de Soldador y 1 de Técnico Supervisor de Mantenimiento que representan un 50%, 33.33% y 16.67% respectivamente.
- De acuerdo a los resultados IBE del año 2016 se concluye que los puestos con mayor exposición en el área de Planta son: Operador Multifuncional de Planta y Técnico Multifuncional de Planta debido a que realizan actividades cerca y operando las fuentes de emisión de vapor de mercurio en las zonas de Refinería y ADR, cuyos tiempos de exposición es más del 90% de la jornada laboral (9.9 horas).
- De acuerdo a los resultados IBE del año 2016 se concluye que los puestos con mayor exposición en el área de Mantenimiento son: Soldador, Mecánico de Producción, Técnico Mecánico y Técnico Electricista debido a que a pesar de que no están permanentemente en las zonas de Refinería y ADR, realizan actividades exponiéndose directamente a las fuentes de emisión de vapor de mercurio durante periodos de entre 2 a 3 horas.

- Otros puestos con exposición pero que no es significativo son los siguientes: Ingeniero de Guardia Planta, Jefe de Planta, Jefe de Mantenimiento Mecánico, Jefe de Mantenimiento Eléctrico, Supervisor de Mantenimiento Mecánico y Supervisor de Mantenimiento Eléctrico. Ello se debe a que estos puestos de trabajo realizan actividades administrativas en un 70% de su jornada laboral no exponiéndose directamente a las fuentes de emisión de vapor de mercurio, en campo realizan actividades de inspección. Sus valores IBE están por debajo de los **10 µg/gCreat.**
- Las principales actividades del área de Planta que implican una mayor exposición a vapores de mercurio son las siguientes: reactivación térmica de carbón activado, lavado, filtrado y retorteo de cemento electrolítico y acondicionamiento y fundición del cemento seco. Dichas actividades las dividimos en las siguientes actividades de mayor criticidad: Cosecha de cemento electrolítico de las celdas electrolíticas, retorteo de cemento electrolítico y fundición de cemento electrolítico, cabe resaltar que los hornos de reactivación térmica fueron paralizados en octubre del 2016 debido a que dichas fuentes emitían altas concentraciones de vapor de mercurio por lo cual la actividad de reactivación térmica se dejó de realizarse.
- Las acciones correctivas implementadas en el año 2016 fueron: implementación del sistema de ventilación forzado regulado a 40 cambios en Refinería, retiro de las coberturas laterales de la zona ADR facilitando su ventilación natural, paralización de los hornos de reactivación térmica 1 y 2, mantención de los pisos húmedos de refinería y ADR con el objetivo de mantener la temperatura del ambiente por debajo del de evaporación del mercurio y arrastre de gotas de mercurio hacia el sumidero, incremento de la frecuencia de toma de muestras de orina para análisis IBE.

- Las causas de las sobreexposiciones a vapor de mercurio se debieron a: los incrementos en la producción de mercurio, ausencia de un sistema de ventilación forzado en la zona de Refinería e inadecuada ventilación en la zona de ADR por ser un lugar cerrado, elevadas concentraciones generadas durante la ejecución de actividades como cosecha de celdas electrolíticas, retorteo de cemento electrolítico, fundición de cemento electrolítico y reactivación térmica del carbón activado, y a un diseño inadecuado en la planificación de la construcción de Planta ADR.

8.2. De los controles aplicados

- De los monitoreos con el equipo de lectura directa Jerome durante el año 2017 se puede notar que los valores en la concentración se redujeron en un 86.68% en la zona de Refinería y en un 70.37% en la zona de ADR respecto de las mediciones realizadas durante el año 2016.
- De los promedios mensuales de acuerdo a las mediciones realizadas con el equipo de lectura directa Jerome, el promedio más alto que se registró en la zona de Refinería fue de **0.1384 mg/m³** en el mes de junio del 2016, valor que es mayor a 5 veces el TLV – TWA, dichos valores fueron reduciendo progresivamente hasta llegar a un promedio mínimo de **0.0072 mg/m³** en el mes de abril del 2017 y un promedio de **0.0082 mg/m³** en el mes de diciembre del 2017, valores que se encuentran por debajo del 50% del TLV - TWA. Para el caso de la zona de ADR el promedio más alto que se registró fue de **0.0505 mg/m³** en el mes de abril del 2016, valor que se encuentra por encima del TLV – TWA pero por debajo de 5 veces de dicho TLV – TWA, dichos valores fueron reduciendo progresivamente hasta llegar a un promedio mínimo de **0.0042 mg/m³** en el mes de febrero del 2017 y un promedio de **0.0084mg/m³** en el mes de diciembre del 2017, valores que se encuentran por debajo del 50% del TLV – TWA.
- La disminución en las concentraciones de vapor de mercurio en las zonas de Refinería y ADR se debieron principalmente a las mejoras realizadas

en el sistema de ventilación, en el caso de refinería por la implementación del sistema de ventilación forzado y en el caso de ADR por el retiro de las coberturas laterales.

- La identificación de hábitos más críticos de los trabajadores contribuyó a la reducción de la exposición a vapor de mercurio evidenciándose una reducción promedio de 87%. El hábito más crítico identificado fue que durante actividades de fundición el personal descansaba dentro de refinería que al medir en dicha condición se tuvo una concentración de vapor de mercurio de **0.121 mg/m³**, valor por encima del TLV – TWA y con la corrección de dicho hábito al estandarizar otras zonas de descanso como la puerta enrollable y centro de control se redujo la concentración a **0.008 mg/m³**, valor por debajo de 50% del TLV – TWA.
- De la identificación de las condiciones más críticas durante la ejecución de actividades se nota que hubo en promedio una reducción de la exposición en un 80%. La condición más crítica identificada fue que durante el funcionamiento del horno Pillar durante la fundición, la campana no extrae los vapores adecuadamente, al medir dicha condición se halló una concentración de **0.600 mg/m³**, valor por encima del TLV – TWA, tras la aplicación de la medida correctiva al ampliar la campana de extracción dicho valor se redujo a **0.100 mg/m³**, a pesar que se encuentra por encima del TLV – TWA debido a las altas temperaturas del horno, se logró reducir la exposición.
- En el año 2017 se evaluaron a un total de 99 trabajadores, 49 del área de Planta y 50 de Mantenimiento, representando un 49% y 50% de evaluado respectivamente. Dentro de ellos se siguió evaluando a los mismos de años anteriores.
- De acuerdo a las evaluaciones IBE, se pudo identificar 15 casos de sobreexposición en el año 2016, teniendo en cuenta que el límite permisible era el establecido por normativa nacional (**35 ug/gCreat**), y en el año 2017 se tuvieron 14 casos teniendo en cuenta que el nuevo límite

establecido por la unidad minera fue de **25 ug/gCreat**. Entre junio y julio del 2016 se tuvieron 4 casos, la mayor cantidad de casos reportados fue en octubre del 2016 con 7 casos, de allí en adelante la cantidad de casos fueron disminuyendo hasta mayo del 2017 con 2 casos, en los meses siguientes ya no se reportaron casos nuevos. De los casos IBE reportados en el año 2017, un 71% (10 casos) fue de personal del área de Planta y un 29% (4 casos) del área de Mantenimiento.

- De los 10 casos del área de Planta, 4 fue del puesto de Técnico Multifuncional de Planta y 6 del puesto de Operador Multifuncional de Planta que representan en un 40% y 60% respectivamente.
- De los 4 casos del área de Mantenimiento, 1 fue del puesto de Mecánico de Producción, 2 de Soldador y 1 de Técnico Mecánico que representan un 25%, 50% y 25% respectivamente.
- Entre los años 2016 y 2017 se evaluaron en total a 99 trabajadores, de ellos 29 presentaron valores en su IBE por encima del límite máximo permisible por lo cual pasaron al grupo de No Expuestos, 19 de los casos fueron de personal del área de Planta y 10 del área de Mantenimiento que representan 19.19% y 10.10% respectivamente de la totalidad de trabajadores evaluados, es decir, un 29.39% de los trabajadores evaluados tuvieron sobreexposición a vapor de mercurio.
- De acuerdo al seguimiento en la evolución de los niveles IBE de los trabajadores cuyo puesto de trabajo es **Operador Multifuncional de Planta**, que en total se evaluaron a 9 trabajadores en el año 2015, 28 en el año 2016 y 33 en el año 2017, se observó una disminución en sus valores IBE y se analizó a través de gráficos calculando los promedios mensuales del grupo de trabajadores notándose lo siguiente: se tuvo un pico en julio del 2016 con un promedio de **39.33 µg/gCreat**. De febrero del 2017 en adelante se pudo observar que los valores promedios mensuales se mantuvieron por debajo de **15 µg/gCreat**. En octubre del 2016 se analizaron en total 25 muestras, de las cuales 8 excedieron el

límite, por lo que el promedio de ese mes fue de **19.68 µg/gCreat**; de los valores máximos, el más alto se reportó en octubre del 2016 con un valor de **94.97 µg/gCreat**, desde el mes de julio del 2017 en adelante, los valores máximos estuvieron por debajo del límite establecido por la unidad. Mes a mes la cantidad de muestras evaluadas y de trabajadores es variable, sin embargo se nota una disminución importante en los valores IBE, los promedios se redujeron en un 84.11%.

- De acuerdo al seguimiento en la evolución de los niveles IBE de los trabajadores cuyo puesto de trabajo es **Técnico Multifuncional de Planta**, que en total se evaluaron a 4 trabajadores en el año 2015, 12 en el año 2016 y 12 en el año 2017, se observó una disminución en sus valores IBE y se analizó a través de gráficos calculando los promedios mensuales del grupo de trabajadores notándose lo siguiente: se tuvo un pico en julio del 2016 con un promedio de **53.78 µg/gCreat**. De febrero del 2017 en adelante se pudo observar que los valores promedios mensuales se mantuvieron por debajo de **15 µg/gCreat**; de los valores máximos, el más alto se reportó en junio del 2016 con un valor de **57.08 µg/gCreat**, desde el mes de junio del 2017 en adelante, los valores máximos estuvieron por debajo del límite establecido por la unidad. Mes a mes la cantidad de muestras evaluadas y de trabajadores es variable, sin embargo se nota una disminución importante en los valores IBE, los promedios se redujeron en un 90.22%.
- De acuerdo al seguimiento en la evolución de los niveles IBE de los trabajadores cuyo puesto de trabajo es **Mecánico de Producción**, que en total se evaluaron a 3 trabajadores en el año 2015, 11 en el año 2016 y 11 en el año 2017, se observó una disminución en sus valores IBE y se analizó a través de gráficos calculando los promedios mensuales del grupo de trabajadores notándose lo siguiente: se tuvo un pico en julio del 2016 con un promedio de **43.05 µg/gCreat**. De febrero del 2017 en adelante se pudo observar que los valores promedios mensuales se mantuvieron por debajo de **15 µg/gCreat**, a excepción del mes de junio del 2017 que se reportó un promedio de **20.30 µg/gCreat** debido a que

en ese mes se analizaron 04 muestras y 02 de ellas fueron de un mismo colaborador que estuvo en el grupo de No Exposición cuyos valores estuvieron por encima del límite establecido por la unidad; de los valores máximos, el más alto se reportó en julio del 2016 con un valor de **43.05 µg/gCreat**, desde el mes de julio del 2017 en adelante, los valores máximos estuvieron por debajo del límite establecido por la unidad. Mes a mes la cantidad de muestras evaluadas y de trabajadores es variable, sin embargo se nota una disminución importante en los valores IBE, los promedios se redujeron en un 87.27%.

De acuerdo al seguimiento en la evolución de los niveles IBE de los trabajadores cuyo puesto de trabajo es **Soldador**, que en total se evaluaron a 3 trabajadores en el año 2015, 5 en el año 2016 y 6 en el año 2017, se observó una disminución en sus valores IBE y se analizó a través de gráficos calculando los promedios mensuales del grupo de trabajadores notándose lo siguiente: se tuvo un pico en octubre del 2016 con un promedio de **23.63 µg/gCreat**. De febrero del 2017 en adelante se pudo observar que los valores promedios mensuales se mantuvieron por debajo de **15 µg/gCreat**; de los valores máximos, el más alto se reportó en enero del 2017 con un valor de **38.87 µg/gCreat**, desde el mes de julio del 2017 en adelante, los valores máximos estuvieron por debajo del límite establecido por la unidad. Mes a mes la cantidad de muestras evaluadas y de trabajadores es variable, sin embargo se nota una disminución importante en los valores IBE, los promedios se redujeron en un 66.74%.

- De acuerdo al seguimiento en la evolución de los niveles IBE de los trabajadores cuyo puesto de trabajo es **Técnico Electricista**, que en total se evaluaron a 6 trabajadores en el año 2016 y 6 en el año 2017, se observó una disminución en sus valores IBE y se analizó a través de gráficos calculando los promedios mensuales del grupo de trabajadores notándose lo siguiente: durante el tiempo de estudio, los promedios se mantuvieron por debajo del límite establecido por la unidad, llegando a un pico en octubre del 2016 con un promedio de **13.93 µg/gCreat**, en los

meses siguientes estos promedios fueron disminuyendo hasta llegar a un mínimo promedio de **2.73 µg/gCreat** en febrero del 2018; de los valores máximos, el más alto se reportó en octubre del 2016 con un valor de **32.59 µg/gCreat**, luego estos valores máximos fueron disminuyendo en los meses siguientes. Mes a mes la cantidad de muestras evaluadas y de trabajadores es variable, sin embargo se nota una disminución importante en los valores IBE, los promedios se redujeron en un 80.40%.

- De acuerdo al seguimiento en la evolución de los niveles IBE de los trabajadores cuyo puesto de trabajo es **Técnico Mecánico**, que en total se evaluaron a 3 trabajadores en el año 2015, 9 en el año 2016 y 10 en el año 2017, se observó una disminución en sus valores IBE y se analizó a través de gráficos calculando los promedios mensuales del grupo de trabajadores notándose lo siguiente: durante el tiempo de estudio, los promedios se mantuvieron por debajo del límite establecido por la unidad, llegando a un pico en octubre del 2016 con un promedio de **12.82 µg/gCreat**. En los meses siguientes estos promedios fueron disminuyendo hasta llegar a un mínimo promedio de **3.24 µg/gCreat** en febrero del 2018; de los valores máximos, el más alto se reportó en octubre del 2016 con un valor de **32.30 µg/gCreat**, luego estos valores máximos fueron disminuyendo en los meses siguientes. Mes a mes la cantidad de muestras evaluadas y de trabajadores es variable, sin embargo se nota una disminución importante en los valores IBE, los promedios se redujeron en un 74.73%.

- Durante el año 2017 se realizaron las dosimetrías de vapor de mercurio a los puestos de trabajo para observar la reducción de la exposición, dichas dosimetrías se realizaron en los meses de enero, marzo, mayo, abril, julio, agosto y setiembre, evaluándose en total a 58 puestos de trabajo.

- De las dosimetrías en el mes de enero, se evaluaron 14 puestos de trabajo (3 Técnico Multifuncional de Planta y 11 Operador Multifuncional de Planta), a actividades realizadas tanto en ADR como en Refinería, así como también en chancado y lixiviación, 10 de estas evaluaciones

representaron un nivel de riesgo alto y 4 nivel de riesgo bajo; la reevaluación con uso adecuado de respirador se tiene 13 resultados aceptables y 1 no aceptable que en este caso fue para la actividad de fundición.

- De las dosimetrías en el mes de marzo, se evaluaron 7 puestos de trabajo (2 Técnico Multifuncional de Planta y 5 Operador Multifuncional de Planta), a actividades realizadas tanto en ADR como en Refinería, así como también en chancado y lixiviación, 5 de estas evaluaciones representaron un nivel de riesgo alto y 2 nivel de riesgo bajo; la reevaluación con uso adecuado de respirador se tiene 4 resultados aceptables y 3 no aceptable que en este caso fue para la actividades de fundición y cosecha de carbón fino en ADR.
- De las dosimetrías en el mes de abril, se evaluaron 7 puestos de trabajo (2 Técnico Multifuncional de Planta y 5 Operador Multifuncional de Planta), a actividades realizadas tanto en ADR como en Refinería, así como también en chancado y lixiviación, 4 de estas evaluaciones representaron un nivel de riesgo alto y 3 nivel de riesgo bajo; la reevaluación con uso adecuado de respirador se tiene que todas mostraron un nivel aceptable, sin embargo, las que representaron un nivel de riesgo alto fueron durante actividades realizadas en fundición.
- De las dosimetrías en el mes de mayo, solo se evaluó 1 puesto de trabajo (Operador Multifuncional de Planta), a actividades en fundición, representando un nivel de riesgo alto; la reevaluación con uso adecuado de respirador se tiene un nivel aceptable.
- De las dosimetrías en el mes de julio, se evaluaron 9 puestos de trabajo, 8 del área de Planta (2 Técnico Multifuncional de Planta y 6 Operador Multifuncional de Planta) y 1 del área de Mantenimiento (Mecánico de Producción), a actividades realizadas tanto en ADR como en Refinería, así como también en lixiviación, 5 de estas evaluaciones representaron un nivel de riesgo alto, 3 nivel de riesgo medio y 1 con nivel de riesgo

bajo; la reevaluación con uso adecuado de respirador se tiene que todas las actividades evaluadas representan un nivel aceptable, los niveles de riesgo alto fueron en actividades de fundición, retorta de cemento electrolítico, y las de riesgo medio en actividades de cosecha de celdas electrolíticas y en desmontaje de válvulas en línea de transferencia de carbón para el Mecánico de Producción.

- De las dosimetrías en el mes de agosto, se evaluaron 9 puestos de trabajo (1 Técnico Multifuncional de Planta y 8 Operador Multifuncional de Planta), a actividades realizadas tanto en ADR como en Refinería, así como también en chancado y lixiviación, 5 de estas evaluaciones representaron un nivel de riesgo alto, 1 de nivel de riesgo medio y 3 nivel de riesgo bajo; la reevaluación con uso adecuado de respirador se tiene que todas mostraron un nivel aceptable, las que representaron un nivel de riesgo alto fueron durante actividades realizadas en fundición y cosecha de celdas electrolíticas, y la de nivel de riesgo medio en actividad de retorteo de cemento electrolítico.

De las dosimetrías en el mes de setiembre, se evaluaron 11 puestos de trabajo, 9 del área de Planta (1 Técnico Multifuncional de Planta y 8 Operador Multifuncional de Planta) y 2 del área de Mantenimiento (1 Mecánico de Producción y 1 Técnico Mecánico), a actividades realizadas tanto en ADR como en Refinería, así como también en lixiviación y chancado, 7 de estas evaluaciones representaron un nivel de riesgo alto, 1 nivel de riesgo medio y 3 con nivel de riesgo bajo; la reevaluación con uso adecuado de respirador se tiene que todas las actividades evaluadas representan un nivel aceptable. Los niveles de riesgo alto fueron en actividades de fundición, retorta de cemento electrolítico, en caso de los trabajadores de mantenimiento en actividades de desmontaje de válvulas en línea de transferencia de carbón (Mecánico de Producción) e instalación de bomba diafragma en actividades de cosecha de cemento electrolítico (Técnico Mecánico); y la de riesgo medio en actividades de cosecha de celdas electrolíticas.

- Las actividades críticas identificadas de acuerdo a las dosimetrías son las de cosecha de celdas electrolíticas, retorteo de cemento electrolítico y fundición de cemento electrolítico seco, todas ellas realizadas en Refinería.
- De la actividad de fundición de cemento electrolítico se realizan tareas que se reparten en “puestos efectivos” los cuales son: Hornero, Ayudante de Hornero, Basculador, Lingotero y lavador de barras doré. Dichos puestos efectivos fueron evaluados a través de dosimetrías para vapor de mercurio.
- De las dosimetrías realizadas al Hornero, se realizaron 7 evaluaciones, los valores en la concentración fueron reduciendo desde un pico reportado de **1.598 mg/m³** en el mes de enero del 2017, valor que representa un nivel de riesgo alto por encima de 5 veces el TLV – TWA, hasta un valor mínimo de **0.029 mg/m³** en el mes de setiembre del 2017, valor que representa un nivel de riesgo alto. Cabe mencionar que dicha reducción en la concentración representa un 98.18% respecto del valor pico.
- De las dosimetrías realizadas al Ayudante de Hornero, se realizaron 2 evaluaciones, de los valores de las concentraciones estuvieron por encima del TLV - TWA pero por debajo de 5 veces dicho TLV – TWA, al haber solo dos mediciones realizadas en enero y agosto del 2017 se puede notar que disminuyó de **0.0884 mg/m³** a **0.072 mg/m³**, que representa un 18.55% de reducción.
- De las dosimetrías realizadas al Basculador, se realizaron 3 evaluaciones, los valores en las concentraciones se encuentran por encima del TLV – TWA, sin embargo dichos valores fueron reduciendo desde el máximo valor reportado de **0.198 mg/m³** en el mes de marzo del 2017 hasta un mínimo de **0.038 mg/m³** en setiembre del 2017. Cabe mencionar que dicha reducción en la concentración representa un 80.81% respecto del valor pico.

- De las dosimetrías realizadas al Lavador de Barras, se realizaron 4 evaluaciones, los valores de las concentraciones se encuentran por encima del TLV – TWA, sin embargo dichos valores fueron reduciendo desde el máximo valor reportado de **0.078 mg/m³** en el mes de abril del 2017 hasta un mínimo de **0.026 mg/m³** en agosto del 2017 y el último valor reportado en setiembre, nos da un valor de **0.029 mg/m³**. Cabe mencionar que dicha reducción en la concentración representa un 66.67% respecto del valor pico.

De las dosimetrías realizadas al Lingotero, se realizaron 3 evaluaciones, los valores en las concentraciones se encuentran por encima del TLV – TWA, sin embargo dichos valores fueron reduciendo desde el máximo valor reportado de **0.808 mg/m³** en el mes de marzo del 2017 hasta un mínimo de **0.061 mg/m³** en setiembre del 2017. Cabe mencionar que dicha reducción en la concentración representa un 92.45% respecto del valor pico.

- De las dosimetrías realizadas a la actividad de cosecha de celdas electrolíticas, se realizaron 4 evaluaciones, los valores de las concentraciones se encuentran por encima del TLV – TWA, sin embargo dichos valores fueron reduciendo desde el máximo valor reportado de **0.2834 mg/m³** en el mes de enero del 2017 hasta un mínimo de **0.0164 mg/m³** en setiembre del 2017 representando un nivel de riesgo medio. Cabe mencionar que dicha reducción en la concentración representa un 94.21% respecto del valor pico.
- De las dosimetrías realizadas a la actividad de retorteo de cemento electrolítico, se realizaron 3 evaluaciones, los valores de las concentraciones se encuentran por encima del TLV – TWA, sin embargo en agosto del 2017 se reportó un valor por debajo del TLV – TWA de **0.017 mg/m³** representando un nivel de riesgo medio. El máximo valor reportado fue de **0.035 mg/m³** en el mes de julio del 2017. Cabe

mencionar que dicha reducción en la concentración representa un 51.43% respecto del valor pico.

- De las dosimetrías realizadas a las actividades en la zona de ADR, se realizaron 9 evaluaciones, los valores se mantuvieron por encima y por debajo del TLV - TWA, en algunos casos los valores representaron niveles de riesgo bajo. Se tiene un máximo reportado de **0.0820 mg/m³** en marzo del 2017 debido a que el personal evaluado estuvo realizando el control en adsorción y desorción con carbón activado. El valor mínimo reportado fue de **0.0020 mg/m³** en el mes de agosto, valor que representa un nivel de riesgo bajo.
- Para evitar la sobreexposición, como parte de las medidas de control se considera rotar a todo personal que pase al grupo de No Exposición cuando su IBE supere los **25 µg/gCreat**, se les rota a las áreas de Chancado y Lixiviación por lo cual también se consideró realizar las evaluaciones dosimétricas en dichos puntos.
- De las dosimetrías realizadas en el área de Chancado, se realizaron 4 dosimetrías, los valores de las concentraciones representan un nivel de riesgo bajo.
- De las dosimetrías realizadas en el área de Lixiviación, se realizaron 6 dosimetrías, los valores de las concentraciones representan un nivel de riesgo bajo.
- Durante este periodo de estudio se consideró realizar dosimetrías de vapor de mercurio a trabajadores del área de mantenimiento, sin embargo, no se realizó con la misma frecuencia que a trabajadores del área de Planta debido a que las evaluaciones se programaron cada vez que se realizaban actividades críticas en el área de Planta y no siempre se tenían trabajadores del área de Mantenimiento realizando actividades en Planta. De las dosimetrías realizadas a personal de esta área, solo se

evaluaron a los puestos de trabajo de Mecánico de Producción y Técnico Mecánico.

- De las dosimetrías realizadas al puesto de Mecánico de Producción, se realizaron 2 evaluaciones, los valores de las concentraciones en julio del 2017 se tiene un valor de **0.0151 mg/m³** que representa un nivel de riesgo bajo y otra medición en setiembre con un valor de **0.0492 mg/m³** que representa un nivel de riesgo alto, ello debido a que durante esta evaluación el trabajador realizaba la instalación de filtros en la bomba diafragma durante la actividad de cosecha de celdas electrolíticas.
- En el caso del Técnico Mecánico solo se evaluó en una sola ocasión durante la ejecución de la actividad de Instalación de filtros, inspección de bomba diafragma en refinería y montaje de intercambiadores de calor, La dosimetría se realizó el 15/09/2017 obteniéndose una concentración de vapor de mercurio de **0.0312 mg/m³**, valor que representa un nivel de riesgo alto.
- Los comparativos entre la evolución de la concentración promedio de vapor de mercurio medido con el equipo de lectura directa Jerome versus el IBE para mercurio en orina muestran que guardan una correlación desde que se registraron los incrementos hasta su disminución, aumentando y disminuyendo para ambos indicadores.
- Durante el periodo de estudio se evaluaron a 99 trabajadores (100% del personal expuesto) en la realización de pruebas de sellado de respiradores Portacount, 49 del área de Planta y 50 del área de mantenimiento. En total se validaron 99 pruebas con respirador de medio rostro de la serie 7500 de la marca 3M, de ellos 49 son del área de Planta y 50 de Mantenimiento; respecto a los respiradores de rostro completo de la serie 6000 de la marca 3M, se validaron 98 pruebas, 48 del área de Planta y 50 de Mantenimiento, validándose en total 197 pruebas.

- Debido a que las pruebas eran realizadas por un proveedor externo autorizado por 3M, se realizaron en diferentes fechas programadas, teniéndose en total 6 campañas: en la primera campaña del 28/02/2017 al 02/03/2017 se validaron 23 pruebas, en la segunda campaña del 26/03/2017 al 06/04/2017 se validaron 124 pruebas, en la tercera campaña del 22/05/2017 al 26/05/2017 se validaron 39 pruebas, en la cuarta campaña el 22/06/2017 se validó 1 prueba, en la quinta campaña del 12/12/2017 al 14/12/2017 se validaron 6 pruebas y en la sexta campaña del 31/01/2018 se validaron 4 pruebas.

9. CAPITULO IX. RECOMENDACIONES

Dado el estudio todo muestra que la concepción de la Planta no tiene una distribución que proteja al personal expuesto, pues con las medidas tomadas se reduce la exposición pero no se elimina; debería modernizarse en su totalidad; no obstante se recomienda implementar otras medidas que pueden ser más ponderadas que las que ya se han implementado:

9.1. Controles de ingeniería

- Implementar una planta de precipitación de mercurio de tal forma que esta se quede en la solución rica y barren, y no entre al proceso en la zona de ADR.
- Instalación de trampas de mercurio en la zona de refinería en la línea de secado y purga del filtro prensa y en ADR específicamente en lavado ácido, columnas de desorción y adsorción.

Realizar la ingeniería de detalle del sistema de ventilación con aire refrigerado o sistema chiller en la zona de refinería ya que permitiría la climatización controlada del lugar.

- Instalar un sistema de medición online de vapores de mercurio en puntos dentro de las zonas de refinería y ADR de tal forma que estos adviertan

al personal en caso las concentraciones de vapor se eleven por encima de los niveles normales y tomar acciones inmediatas en caso de exposiciones agudas.

9.2. Controles de administrativos

- Establecer herramienta de gestión que describa los “puestos de trabajo efectivo”, mostrando lo que en realidad los trabajadores realizan en campo y de tal forma que con ello se busque realizar una evaluación de riesgos acorde a la realidad de los trabajos diarios ejecutados.
- Gestionar la compra de equipos de monitoreo para la realización de dosimetrías a los puestos de trabajo y ambientes.

Implementar un programa de “Observadores” de tal forma que los trabajadores fortalezcan sus habilidades de liderazgo e intervengan directamente en los actos y/o condiciones de higiene ocupacional subestándares.

- Establecer medidas de control mitigadoras en la gestión de riesgos críticos en el cual se establezca un protocolo de acción en caso de intoxicaciones agudas por exposición a vapor de mercurio, incluirlo en el plan de respuesta a emergencias y en el plan anual de simulacros.

9.3. Equipos de protección personal

- Gestionar la compra de un equipo para la realización de pruebas de ajuste de respiradores Fit Test cuantitativo para realizar las pruebas de forma periódica a los trabajadores y también a los nuevos ingresos, ello complementado con un programa y protocolo de pruebas.
- Realizar un estudio que determine los tiempos de saturación de los filtros para vapor de mercurio según puestos de trabajo y actividades realizadas.

- Evaluar la implementación de equipos respiratorios con línea de aire comprimido que suministran aire respirable libre del contaminante cuando se ejecuten actividades en la zona de refinería.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Montoya M. (2010). Toxicología Clínica. Mercurio. 3ra. Edición: Méndez Editores. México.
- Gil F. (2006). Tratado de Medicina del Trabajo. Capítulo 19: Contaminantes Químicos. Capítulo 40: Toxicología Industrial. Toxicidad de los Metales Pesados. Reimpresión 2006 – 1ra Edición 2005. Editorial Elsevier-Masson S.A.
- Organización Mundial de la Salud. Evaluación mundial sobre el mercurio. Disponible en:
<http://www.chem.unep.ch/mercury/Report/Final%20report/assessment-report-summary-spanish-final.pdf>
- William K. (2010). Mercury.
- Weinberg J. (2007). Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2016). El Uso del Mercurio en la minería de oro artesanal y en pequeña escala.
- Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de Puerto Rico (PR OSHA). Recomendaciones Generales para Proteger a los Trabajadores de la Exposición a Mercurio.
- IPCS (1989). Environmental Health Criteria 86. Mercury-Environmental Aspects. Geneva.
- Reyes I. (1998). Metalurgia del Oro, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.
- Vargas, J. (1990). Metalurgia del Oro y Plata. 2°ed. Editorial San Marcos. Perú.

11. ANEXOS

- **Anexo N°01.** Términos y abreviaturas.
- **Anexo N°02.** Certificado de calibración de equipo Jerome 431-X.
- **Anexo N°03.** Puntos de monitoreo diario en Planta ADR (zona de refinería y zona de adsorción, desorción y reactivación térmica).
- **Anexo N°04.** Plano estructural de Planta ADR, inicial y después de aplicar las medidas correctivas.
- **Anexo N°05.** Formato de reporte diario de IBE para mercurio en orina por trabajador.
- **Anexo N°06.** Resultados de pruebas de sellado de respiradores Portacount por trabajador y talla respectiva – Área de Planta.
- **Anexo N°07.** Resultados de pruebas de sellado de respiradores Portacount por trabajador y talla respectiva – Área de Mantenimiento.

Anexo N°01. Términos y abreviaturas

ACGIH: Siglas en inglés de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales.

Acciones correctivas: medidas de control que se ejecutan cuando un riesgo está latente a manifestarse o ya ha ocurrido de tal forma que se elimine o controle la causa de dicho riesgo.

Actividad crítica: Conjunto de tareas realizadas que implican un nivel de riesgo alto o extremo con consecuencias graves a la salud de los trabajadores si no se toman medidas de control oportunas.

ADR: Siglas que significan Adsorción, Desorción y Reactivación Térmica.

Agente: Cualquier sustancia o ente natural o artificial que tiene la capacidad de producir efectos dañinos sobre los seres vivos al entrar en contacto con ellos, pueden químicos, físicos, biológicos, entre otros.

AIHA: Siglas en inglés de la Asociación Americana de Higiene Industrial.

Cemento electrolítico: pasta parecida al lodo producto de la electrodeposición en las celdas electrolíticas, que luego pasa por un proceso de secado para su fundición y obtención de las barras doré. En su composición contiene principalmente oro, plata y mercurio.

Concentración: Viene a ser la cantidad de un contaminante expresado en masa con relación al volumen de aire determinado.

Diagnóstico: análisis sistemático y técnico para determinar la situación o lo que está pasando, se basa en la recopilación de datos y hechos que son ordenados.

Dosimetría: Cuantificación o medición de la concentración de agentes a través de metodologías validadas con el objetivo de estimar niveles de riesgos de exposición.

EPA: Siglas en inglés de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

EPP: Sigla que significa Equipo de Protección Personal. De acuerdo a la jerarquía de controles es la última barrera de control.

Equipo de lectura directa: equipo de medición de agentes cuya principal característica es la de realizar mediciones en tiempo real.

Exposición: Referido al contacto de una persona con algún agente que pueda dañar su salud y puede ser químico, físico o biológico. Las principales vías de exposición ocupacional son la inhalatoria, ingestión, dérmica y parenteral.

Formato: Documento estandarizado que sirve para organizar datos que posteriormente puede ser analizado.

Hábitos críticos: Conducta de trabajo que es repetitiva y relacionado con la higiene de los trabajadores que implican un mayor riesgo a exposición a agentes.

IBE: Siglas que significa Indicador biológico de exposición para un determinado agente químico.

Jornada laboral: Cantidad de horas trabajadas por día de tal forma que no se exceda con el establecido por ley, se calcula en función al régimen laboral.

Límite máximo permisible: Referidos a los valores límites umbrales (TLV) para agentes ocupacionales, son valores que si se exceden pueden representar un riesgo alto para la salud de los trabajadores expuestos.

Medida de control: Referido a las acciones o actividades que se utilizan para prevenir, eliminar y/o reducir a un nivel aceptable los riesgos presentes en el entorno laboral.

Monitoreo: acción de recolectar, observar, medir y analizar datos para hacer seguimiento al progreso de procesos o actividades. Dentro de esto se puede considerar a la realización de dosimetrías.

NIOSH: Siglas en inglés del Instituto Americano de Seguridad y Salud Ocupacional.

OIT: Siglas de la Organización Internacional del Trabajo.

OSHA: Siglas en inglés de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos.

Prueba de sellado de respiradores: evaluación que puede ser cuantitativa o cualitativa de tal forma que se verifica el correcto hermetismo del respirador que usa el trabajador (sellado adecuado entre la silicona del respirador y la piel del trabajador que lo usa).

Protección respiratoria: Equipo de protección personal que utilizado con el filtro adecuado puede proteger contra los riesgos de inhalación de agentes químicos como gases, vapores, humos, polvo, entre otros. Pueden ser de medio rostro o de rostro completo.

Puesto de trabajo: Trabajo asignado a un trabajador, dentro de una organización hace referencia al conjunto de funciones, obligaciones y responsabilidades que se genera de la relación contractual con el trabajador.

Puesto efectivo: Término usado para los trabajadores respecto a las actividades evidenciadas y que realizan en campo, se usa para describir de manera más objetiva el puesto de los trabajadores.

Punto de monitoreo: Es la referencia o localización del lugar o punto donde se va a realizar un monitoreo, establecido de acuerdo al criterio técnico del evaluador.

Régimen laboral: Hace referencia a la cantidad de días laborados en unidades mineras y que son compensados con una cantidad de días de descanso de tal forma que no se exceda la cantidad de horas máxima que se puede laborar de acuerdo a ley.

Reporte: acción de informar a través de un documento estandarizado sobre un hecho o realidad.

Tóxico: Capacidad que tiene un determinado agente de producir efectos perjudiciales sobre un organismo vivo al entrar en contacto con este.

Vapor de mercurio: Es un tipo de forma del mercurio elemental cuando este se evapora. Es considera la forma más tóxica de mercurio debido a que la principal vía de exposición es la inhalatoria.

Xenobiótico: Agente químico o compuesto que se forma en procesos o de forma natural y que no forma parte de la composición de los organismos vivos. Al entrar en contacto con algún ser vivo, este tiende a acumularse en el organismo.

Anexo N°02. Certificados de calibración de equipo Jerome 431-X

ARIZONA INSTRUMENT LLC
3375 N. Delaware St., Chandler, AZ 85225
(800) 528-7411 • (602) 470-1414
www.azic.com • customerservice@azic.com



Certification of Instrument Calibration

Arizona Instrument LLC New Unit
3375 N. Delaware Street
Chandler, AZ 85225

This is to certify that the Jerome X431 0005 Gold Film Mercury Analyzer, Serial Number 5213, with Sensor Number 13-05-09-1440 was calibrated with standard units traceable to NIST.

Calibration Status as Received: **New**

	Actual	Calibration Gas	Allowable Range
Incoming:	Level 1 RSD %	mg/m ³ Hg	mg/m ³ Hg ±5%
Outgoing:	Level 1 RSD %	0.097 mg/m ³ Hg	0.095 - 0.105 mg/m ³ Hg ±3%
	Level 2 SD	0.025 mg/m ³ Hg	0.020 - 0.030 mg/m ³ Hg ±0.005 mg/m ³ Hg
	Level 3 SD	0.010 mg/m ³ Hg	0.005 - 0.015 mg/m ³ Hg ±0.005 mg/m ³ Hg

Calibration Status as Left: **New**

Estimated Uncertainty of Calibration System: 3.3%

Calibration Date: 16-Jun-2014 Recalibration Date: 15-Jun-2015

Temperature (°F): 74.90 % Relative Humidity: 47.00

Approved By: _____

Date Approved: 27-Jun-2014

Title: Johnny Padilla - Quality Control

Equipment Used

Permeation Tube: 128-42823 NIST#: 13649-96
Calibration Date: 23-Jan-2014 Calibration Date Due: 24-Jun-2015

Dyna-Calibrator: M-812 NIST#: 132285
Calibration Date: 02-Jun-2014 Calibration Date Due: 02-Jun-2015

Digital Multimeter: 74620505 NIST#: 700660
Calibration Date: 04-Apr-2014 Calibration Date Due: 04-Apr-2015

Flowmeter: 154462 NIST#: 14044454482-000
Calibration Date: 14-Apr-2014 Calibration Date Due: 14-Apr-2015

Calibration Procedure Used: 339-0044

Arizona Instrument certifies that the above listed instrument meets or exceeds all published specifications and has been calibrated using standards whose accuracy are traceable to the NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY within the limitations of the instrument's calibration practices to have been derived from accepted values of natural physical constants, or have been derived by the ratio type of self-calibration techniques.

Disclaimer: Any unauthorized adjustments, removal or breaking of DO seals, or other customer modifications on your Jerome Analyzer WILL VOID this factory calibration. (See note any of the above acts might affect the calibration and readings of the instrument), this certification will no longer be valid and further, Arizona Instrument LLC WILL NOT be responsible for any failures created as a result of using the instrument after such adjustments, self-calibration, or modifications. As long as the original test is within range according to the procedure published in the Operator's Manual, the instrument is performing correctly.

ARIZONA INSTRUMENT LLC

3375 N. Delaware St., Chandler, AZ 85225
 (800) 528-7411 • (602) 470-1414
 www.azic.com • customerservice@azic.com

**Certification of Instrument Calibration**

Higsec F1R1
 Element Miami Airport
 Miami, FL 33142

RMA # 2422991

This is to certify that the Jerome X-431 0005 Gold Film Mercury Analyzer, Serial Number 5213, with Sensor Number 13-S-9-R4CS, was calibrated with standard units traceable to NIST.

Calibration Status as Received:		<u>Out of Calibration</u>		
		Actual	Calibration Gas	Allowable Range
Incoming:	Level 1	0.092 mg/m ³ Hg	0.102 mg/m ³ Hg	0.097 - 0.107 mg/m ³ Hg
	RSD %	4.29		<5%
Outgoing:	Level 1	0.098 mg/m ³ Hg	0.102 mg/m ³ Hg	0.097 - 0.107 mg/m ³ Hg
	RSD %	1.42		<3%
	Level 2	ng/m ³ Hg	0.025 mg/m ³ Hg	0.020 - 0.030 mg/m ³ Hg
	SD			<0.005 mg/m ³ Hg
	Level 3	mg/m ³ Hg	0.010 mg/m ³ Hg	0.005 - 0.015 mg/m ³ Hg
	SD			<0.005 mg/m ³ Hg

Calibration Status as Left: **In Calibration**

Estimated Uncertainty of Calibration System: 1.5%

Calibration Date: 30-Jun-2017 Recalibration Date: 29-Jun-2018

Temperature °F: 79.20 % Relative Humidity: 18.40

Cheryl Hradek

Approved By:

Title: Cheryl Hradek - Quality Control

Date Approved: 31-Jun-2017

Equipment Used

Permeation Tube: 498-30R32 NIST# 15013265 072958-798-131714

Calibration Date: 27-Jun-2016 Calibration Date Due: 27-Jun-2017

Dynal Calibrator: M-212 NIST# 16-2655

Calibration Date: 30-May-2016 Calibration Date Due: 31-May-2017

Mass Flow Controller A: 54807 NIST# 145757

Calibration Date: 03-Aug-2016 Calibration Date Due: 03-Aug-2017

Digital Multimeter: 12680239 NIST# 7002611

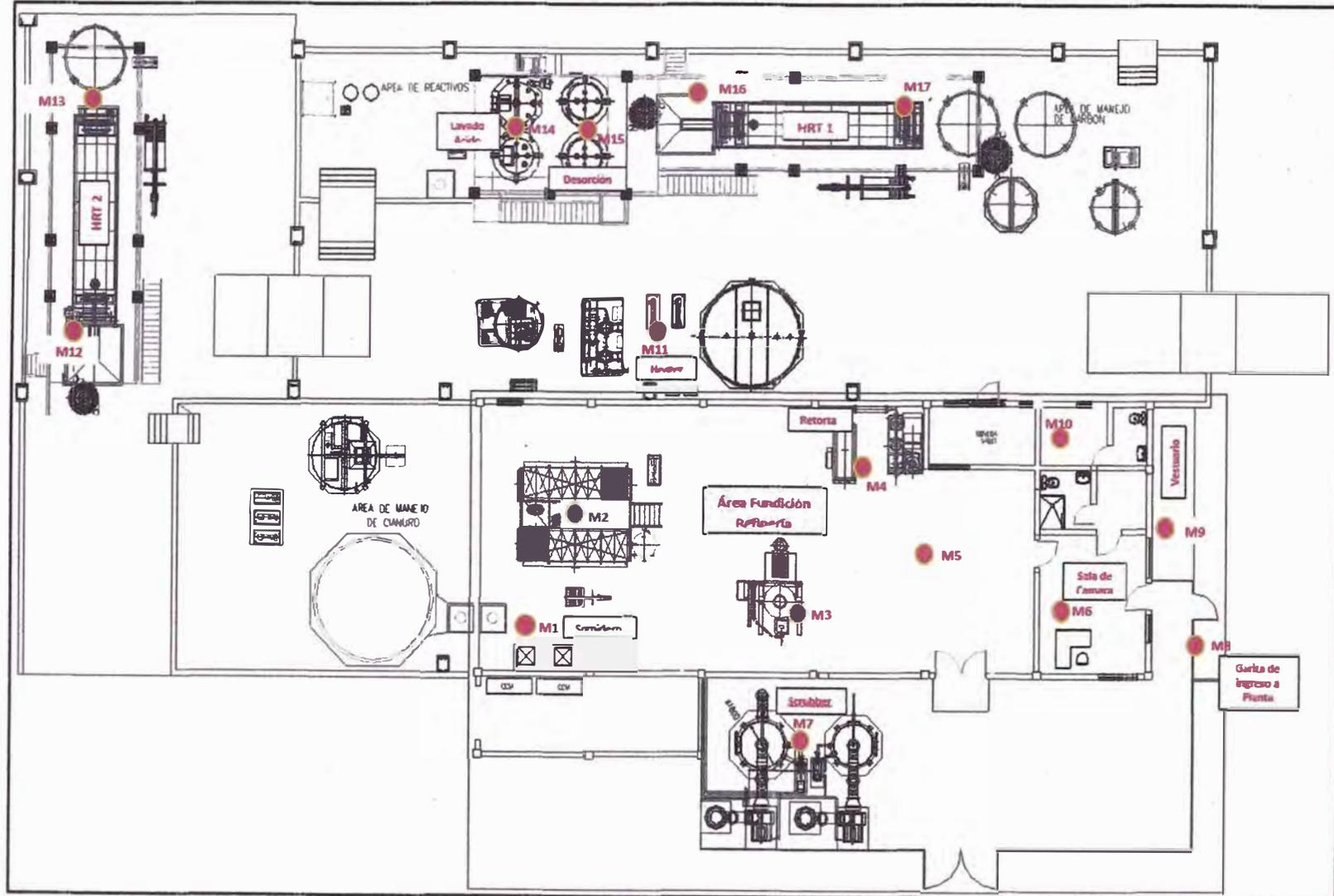
Calibration Date: 06-Oct-2016 Calibration Date Due: 06-Oct-2017

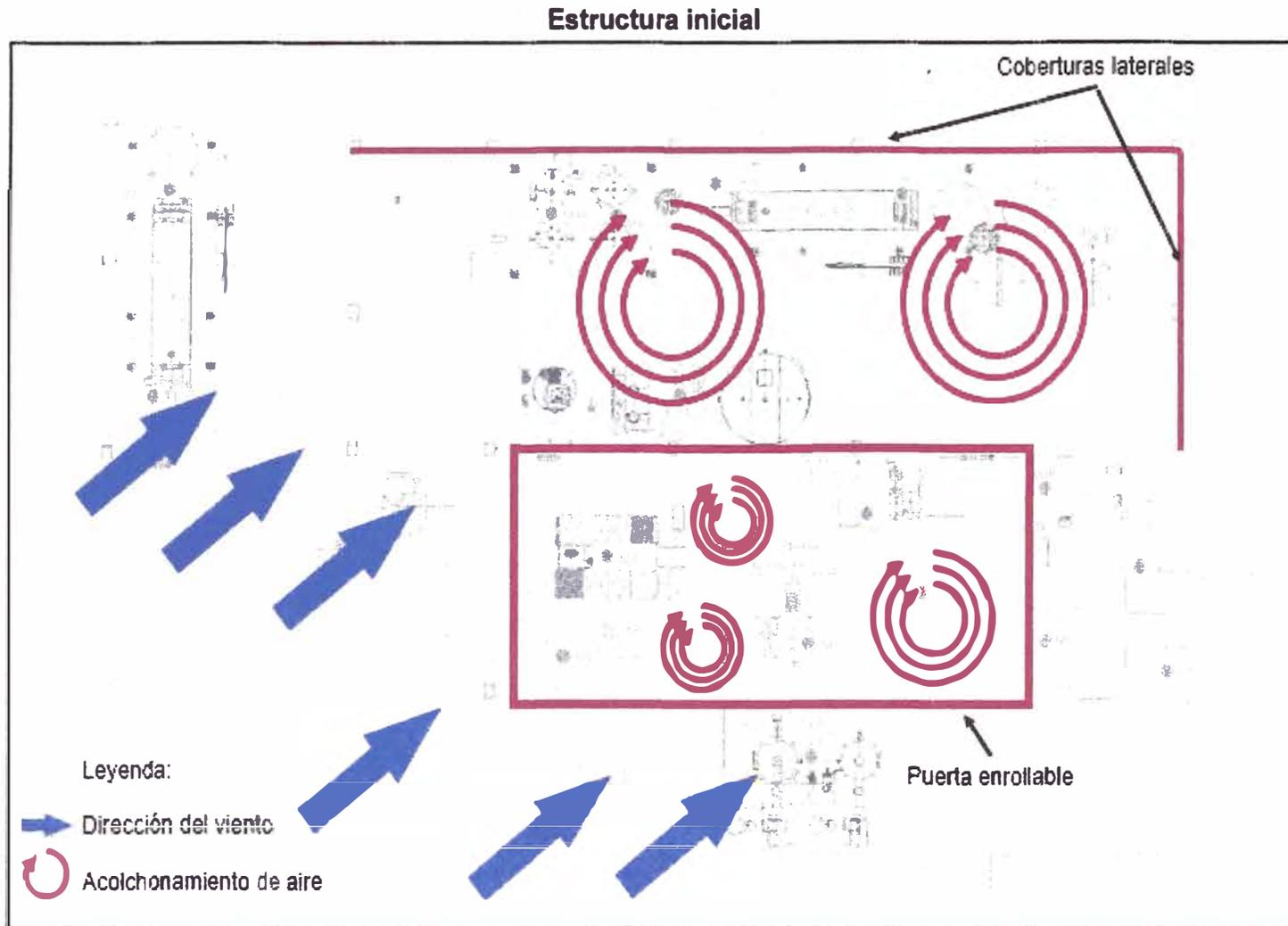
Flowmeter: 154482 NIST# 160421154482

Calibration Date: 21-Apr-2016 Calibration Date Due: 21-Apr-2017

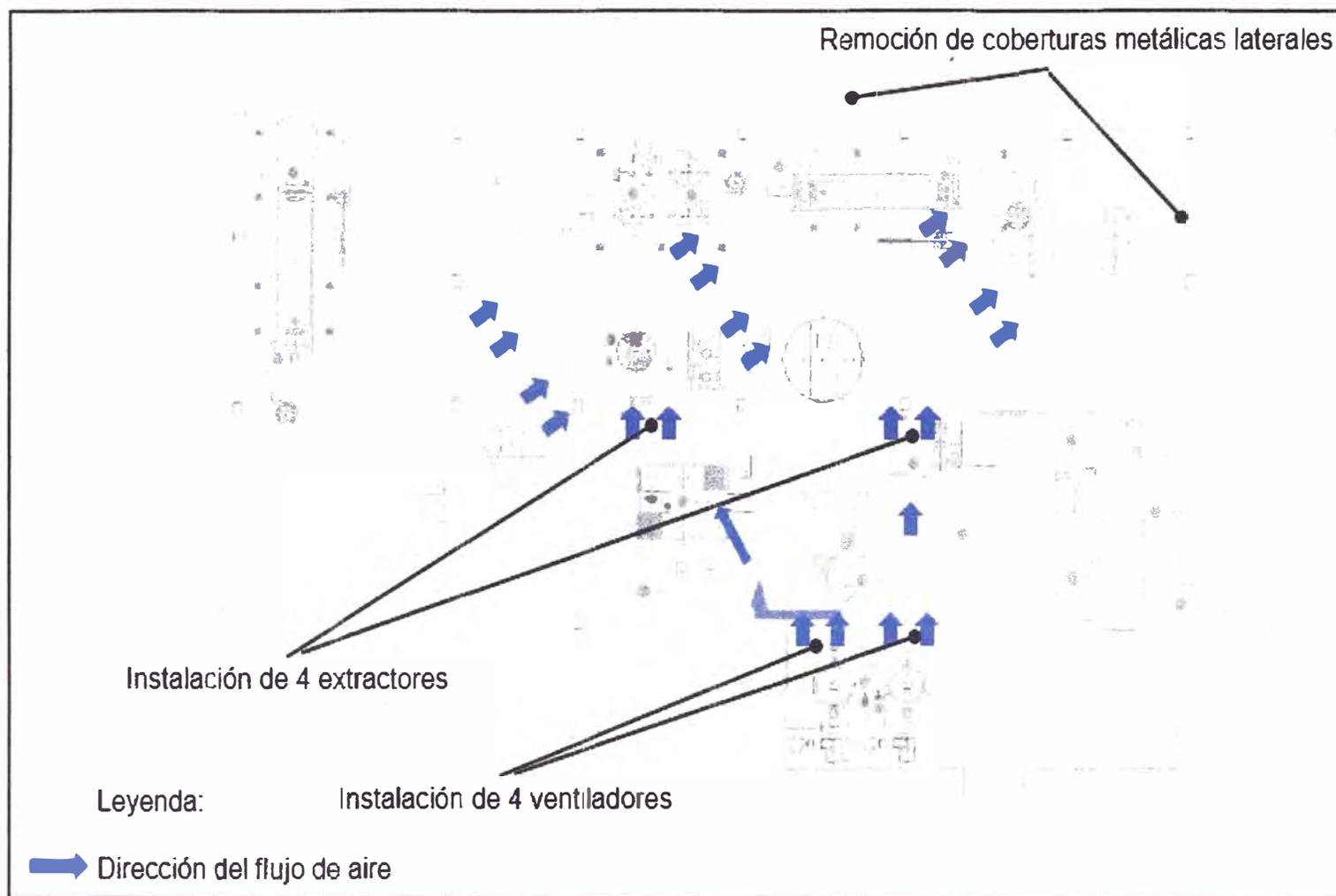
Calibration Procedure Used: 7.00-0041

Anexo N°03. Puntos de monitoreo diario en Planta ADR (zona de refinería y zona de adsorción, desorción y reactivación térmica)



Anexo N°04. Plano estructural de Planta ADR, inicial y después de aplicar las medidas correctivas

Estructura después de aplicar las medidas correctivas



Anexo N°06. Resultados de pruebas de sellado de respiradores Portacount por trabajador y talla respectiva – Área de Planta

N°	Trabajador	Puesto de trabajo	Respirador de medio rostro serie 7500 - 3M			Respirador de rostro completo serie 6000 - 3M		
			Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador	Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador
1	Trabajador 1	Operador Multifuncional de Planta	10/04/2017	Aprueba	L	10/04/2017 7	Aprueba	M
2	Trabajador 2	Operador Multifuncional de Planta	23/05/2017	Aprueba	M	12/12/2017	Aprueba	M
3	Trabajador 3	Operador Multifuncional de Planta	4/04/2017	Aprueba	S	4/04/2017	Aprueba	M
4	Trabajador 4	Operador Multifuncional de Planta	3/04/2017	Aprueba	M	29/03/2017	Aprueba	M
5	Trabajador 5	Operador Multifuncional de Planta	5/04/2017	Aprueba	M	5/04/2017	Aprueba	M
6	Trabajador 6	Operador Multifuncional de Planta	24/05/2017	Aprueba	M	1/03/2017	Aprueba	M
7	Trabajador 7	Operador Multifuncional de Planta	4/04/2017	Aprueba	S	4/04/2017	Aprueba	M
8	Trabajador 8	Operador Multifuncional de Planta	11/04/2017	Aprueba	M	11/04/2017 7	Aprueba	M
9	Trabajador 9	Operador Multifuncional de Planta	10/04/2017	Aprueba	M	1/03/2017	Aprueba	M
10	Trabajador 10	Operador Multifuncional de Planta	1/03/2017	Aprueba	M	11/04/2017 7	Aprueba	M
11	Trabajador 11	Operador Multifuncional de Planta	3/04/2017	Aprueba	M	3/04/2017	Aprueba	M
12	Trabajador 12	Operador Multifuncional de Planta	28/02/2017	Aprueba	M	3/04/2017	Aprueba	M
13	Trabajador 13	Operador Multifuncional de Planta	5/04/2017	Aprueba	M	25/05/2017 7	Aprueba	L
14	Trabajador 14	Operador Multifuncional de Planta	1/03/2017	Aprueba	M	31/01/2018 8	Aprueba	M

N°	Trabajador	Puesto de trabajo	Respirador de medio rostro serie 7500 - 3M			Respirador de rostro completo serie 6000 - 3M		
			Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador	Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador
15	Trabajador 15	Operador Multifuncional de Planta	14/12/2017	Aprueba	M	12/12/2017	Aprueba	M
16	Trabajador 16	Operador Multifuncional de Planta	4/04/2017	Aprueba	L	4/04/2017	Aprueba	S
17	Trabajador 17	Operador Multifuncional de Planta	11/04/2017	Aprueba	M	11/04/2017	Aprueba	L
18	Trabajador 18	Operador Multifuncional de Planta	1/03/2017	Aprueba	M	11/04/2017	Aprueba	L
19	Trabajador 19	Operador Multifuncional de Planta	5/04/2017	Aprueba	M	5/04/2017	Aprueba	M
20	Trabajador 20	Operador Multifuncional de Planta	3/04/2017	Aprueba	S	29/03/2017	Aprueba	L
21	Trabajador 21	Operador Multifuncional de Planta	5/04/2017	Aprueba	M	10/04/2017	Aprueba	M
22	Trabajador 22	Operador Multifuncional de Planta	4/04/2017	Aprueba	M	4/04/2017	Aprueba	M
23	Trabajador 23	Operador Multifuncional de Planta	4/04/2017	Aprueba	M	4/04/2017	Aprueba	M
24	Trabajador 24	Operador Multifuncional de Planta	1/03/2017	Aprueba	M	11/04/2017	Aprueba	L
25	Trabajador 25	Operador Multifuncional de Planta	3/04/2017	Aprueba	M	3/04/2017	Aprueba	M
26	Trabajador 26	Operador Multifuncional de Planta	11/04/2017	Aprueba	S	11/04/2017	Aprueba	S
27	Trabajador 27	Operador Multifuncional de Planta	3/04/2017	Aprueba	M	29/03/2017	Aprueba	M
28	Trabajador 28	Operador Multifuncional de Planta	1/03/2017	Aprueba	M	23/05/2017	Aprueba	M
29	Trabajador 29	Operador Multifuncional de Planta	4/04/2017	Aprueba	M	4/04/2017	Aprueba	M
30	Trabajador 30	Operador Multifuncional de Planta	4/04/2017	Aprueba	M	2/03/2017	Aprueba	M

N°	Trabajador	Puesto de trabajo	Respirador de medio rostro serie 7500 - 3M			Respirador de rostro completo serie 6000 - 3M		
			Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador	Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador
31	Trabajador 31	Operador Multifuncional de Planta	4/04/2017	Aprueba	M	4/04/2017	Aprueba	M
32	Trabajador 32	Operador Multifuncional de Planta	1/03/2017	Aprueba	M	26/03/2017	Aprueba	L
33	Trabajador 33	Operador Multifuncional de Planta	10/04/2017	Aprueba	M	26/03/2017	Aprueba	L
34	Trabajador 34	Técnico Multifuncional de Planta	4/04/2017	Aprueba	M	4/04/2017	Aprueba	L
35	Trabajador 35	Técnico Multifuncional de Planta	5/04/2017	Aprueba	M	5/04/2017	Aprueba	M
36	Trabajador 36	Técnico Multifuncional de Planta	11/04/2017	Aprueba	L	1/03/2017	Aprueba	M
37	Trabajador 37	Técnico Multifuncional de Planta	3/04/2017	Aprueba	M	3/04/2017	Aprueba	M
38	Trabajador 38	Técnico Multifuncional de Planta	2/03/2017	Aprueba	M	4/04/2017	Aprueba	M
39	Trabajador 39	Técnico Multifuncional de Planta	12/04/2017	Aprueba	M	12/04/2017	Aprueba	M
40	Trabajador 40	Técnico Multifuncional de Planta	11/04/2017	Aprueba	M	10/04/2017	Aprueba	M
41	Trabajador 41	Técnico Multifuncional de Planta	5/04/2017	Aprueba	M	5/04/2017	Aprueba	L
42	Trabajador 42	Técnico Multifuncional de Planta	3/04/2017	Aprueba	M	27/03/2017	Aprueba	M
43	Trabajador 43	Técnico Multifuncional de Planta	3/04/2017	Aprueba	M	3/04/2017	Aprueba	L
44	Trabajador 44	Técnico Multifuncional de Planta	26/05/2017	Aprueba	M	26/05/2017	Aprueba	M
45	Trabajador 45	Técnico Multifuncional de Planta	11/04/2017	Aprueba	M	11/04/2017	Aprueba	M
46	Trabajador 46	Ingeniero de Guardia Planta	14/12/2017	Aprueba	M	12/12/2017	Aprueba	M

N°	Trabajador	Puesto de trabajo	Respirador de medio rostro serie 7500 - 3M			Respirador de rostro completo serie 6000 - 3M		
			Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador	Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador
47	Trabajador 47	Ingeniero de Guardia Planta	10/04/2017	Aprueba	M	10/04/2017 7	Aprueba	Talla L
48	Trabajador 48	Ingeniero de Guardia Planta	3/04/2017	Aprueba	M	3/04/2017	Aprueba	L
49	Trabajador 49	Jefe de Planta	26/05/2017	Aprueba	M	-	-	-

Anexo N°07. Resultados de pruebas de sellado de respiradores Portacount por trabajador y talla respectiva – Área de Mantenimiento

N°	Trabajador	Puesto de Trabajo	Respirador de medio rostro serie 7500 - 3M			Respirador de rostro completo serie 6000 - 3M		
			Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador	Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador
1	Trabajador 1	Mecánico de Producción	1/03/2017	Aprueba	M	25/05/2017	Aprueba	M
2	Trabajador 2	Mecánico de Producción	24/05/2017	Aprueba	M	24/05/2017	Aprueba	L
3	Trabajador 3	Mecánico de Producción	22/05/2017	Aprueba	M	22/05/2017	Aprueba	M
4	Trabajador 4	Mecánico de Producción	10/04/2017	Aprueba	M	10/04/2017	Aprueba	M
5	Trabajador 5	Mecánico de Producción	5/04/2017	Aprueba	M	2/03/2017	Aprueba	M
6	Trabajador 6	Mecánico de Producción	6/04/2017	Aprueba	M	6/04/2017	Aprueba	L
7	Trabajador 7	Mecánico de Producción	5/04/2017	Aprueba	L	5/04/2017	Aprueba	M
8	Trabajador 8	Mecánico de Producción	25/05/2017	Aprueba	S	26/05/2017	Aprueba	S
9	Trabajador 9	Mecánico de Producción	22/05/2017	Aprueba	M	5/04/2017	Aprueba	M
10	Trabajador 10	Mecánico de Producción	12/04/2017	Aprueba	M	12/04/2017	Aprueba	L
11	Trabajador 11	Mecánico de Producción	22/06/2017	Aprueba	M	22/05/2017	Aprueba	M
12	Trabajador 12	Operador de Grúa	22/05/2017	Aprueba	M	22/05/2017	Aprueba	M
13	Trabajador 13	Operador de Subestación	11/04/2017	Aprueba	M	11/04/2017	Aprueba	M
14	Trabajador 14	Operador de Subestación	11/04/2017	Aprueba	M	11/04/2017	Aprueba	M
15	Trabajador 15	Operador de Subestación	6/04/2017	Aprueba	M	6/04/2017	Aprueba	L
16	Trabajador 16	Operador de Subestación	4/04/2017	Aprueba	S	4/04/2017	Aprueba	M

N°	Trabajador	Puesto de Trabajo	Respirador de medio rostro serie 7500 - 3M			Respirador de rostro completo serie 6000 - 3M		
			Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador	Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador
17	Trabajador 17	Soldador	1/03/2017	Aprueba	M	25/05/2017	Aprueba	M
18	Trabajador 18	Soldador	5/04/2017	Aprueba	M	5/04/2017	Aprueba	L
19	Trabajador 19	Soldador	5/04/2017	Aprueba	M	5/04/2017	Aprueba	M
20	Trabajador 20	Soldador	12/04/2017	Aprueba	M	12/04/2017	Aprueba	M
21	Trabajador 21	Soldador	31/01/2018	Aprueba	L	31/01/2018	Aprueba	L
22	Trabajador 22	Soldador	24/05/2017	Aprueba	M	24/05/2017	Aprueba	L
23	Trabajador 23	Técnico Supervisor de Mantenimiento	11/04/2017	Aprueba	L	11/04/2017	Aprueba	L
24	Trabajador 24	Técnico Supervisor de Mantenimiento	6/04/2017	Aprueba	S	6/04/2017	Aprueba	M
25	Trabajador 25	Técnico Supervisor de Mantenimiento	1/03/2017	Aprueba	M	24/05/2017	Aprueba	M
26	Trabajador 26	Técnico Supervisor de Mantenimiento	4/04/2017	Aprueba	M	4/04/2017	Aprueba	M
27	Trabajador 27	Técnico Supervisor de Mantenimiento	5/04/2017	Aprueba	M	5/04/2017	Aprueba	M
28	Trabajador 28	Supervisor de Mantenimiento	25/05/2017	Aprueba	M	25/05/2017	Aprueba	M
29	Trabajador 29	Técnico de Mantenimiento Predictivo	12/12/2017	Aprueba	S	11/04/2017	Aprueba	M
30	Trabajador 30	Técnico de Mantenimiento Predictivo	1/03/2017	Aprueba	M	10/04/2017	Aprueba	M
31	Trabajador 31	Técnico de Mantenimiento Predictivo	10/04/2017	Aprueba	M	10/04/2017	Aprueba	M
32	Trabajador 32	Técnico Electricista	6/04/2017	Aprueba	S	6/04/2017	Aprueba	S
33	Trabajador 33	Técnico Electricista	25/05/2017	Aprueba	M	25/05/2017	Aprueba	M
34	Trabajador 34	Técnico Electricista	5/04/2017	Aprueba	M	5/04/2017	Aprueba	M
35	Trabajador 35	Técnico Electricista	5/04/2017	Aprueba	M	5/04/2017	Aprueba	M

N°	Trabajador	Puesto de Trabajo	Respirador de medio rostro serie 7500 - 3M			Respirador de rostro completo serie 6000 - 3M		
			Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador	Fecha	Resultado de prueba	Talla de respirador
36	Trabajador 36	Técnico Electricista	4/04/2017	Aprueba	M	2/03/2017	Aprueba	M
37	Trabajador 37	Técnico Electricista	11/04/2017	Aprueba	M	1/03/2017	Aprueba	M
38	Trabajador 38	Técnico Instrumentista	24/05/2017	Aprueba	M	1/03/2017	Aprueba	M
39	Trabajador 39	Técnico Instrumentista	5/04/2017	Aprueba	M	22/05/2017	Aprueba	M
40	Trabajador 40	Técnico Instrumentista	1/03/2017	Aprueba	M	24/05/2017	Aprueba	M
41	Trabajador 41	Técnico Mecánico	22/05/2017	Aprueba	M	22/05/2017	Aprueba	M
42	Trabajador 42	Técnico Mecánico	12/04/2017	Aprueba	L	12/04/2017	Aprueba	M
43	Trabajador 43	Técnico Mecánico	24/05/2017	Aprueba	M	24/05/2017	Aprueba	M
44	Trabajador 44	Técnico Mecánico	12/04/2017	Aprueba	M	12/04/2017	Aprueba	M
45	Trabajador 45	Técnico Mecánico	1/03/2017	Aprueba	M	31/01/2018	Aprueba	M
46	Trabajador 46	Técnico Mecánico	6/04/2017	Aprueba	M	28/02/2017	Aprueba	M
47	Trabajador 47	Técnico Mecánico	25/05/2017	Aprueba	M	25/05/2017	Aprueba	M
48	Trabajador 48	Técnico Mecánico	25/05/2017	Aprueba	M	25/05/2017	Aprueba	M
49	Trabajador 49	Técnico Mecánico	10/04/2017	Aprueba	M	10/04/2017	Aprueba	M
50	Trabajador 50	Técnico Mecánico	22/05/2017	Aprueba	M	22/05/2017	Aprueba	M