

ESCUELA DE POSTGRADO NEUMANN

MAESTRÍA EN GESTION MINERA Y AMBIENTAL



**Elaboración de propuesta en el fortalecimiento de
gestión de residuos de PCB en minera MILPO unidad
ATACOCHA periodo 2023**

Trabajo de Investigación
para optar el Grado a Nombre de la Nación de:

Maestro en Gestión Minera y Ambiental

Autor: Qco. Martínez Ynga, Roberto Carlos

Docente Director: Mg. Sergio Ticona Corrales

TACNA – PERÚ 2023

Martínez Ynga Roberto Carlos

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %
INDICE DE SIMILITUD

13 %
FUENTES DE INTERNET

4 %
PUBLICACIONES

3 %
TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

“El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en este trabajo son de exclusiva responsabilidad del (los) autor (es)”

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	3
INTRODUCCION	9
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	13
1.1. TÍTULO DEL TEMA.....	13
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.4. METODOLOGÍA	15
1.5. JUSTIFICACIÓN	19
1.6. PRINCIPALES DEFINICIONES	20
1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES	20
1.8. CRONOGRAMA DE DESARROLLO	29
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	30
2.2 ANÁLISIS COMPARATIVO	41
2.3 ANÁLISIS CRÍTICO	47
CAPÍTULO III: MARCO REFERENCIAL.....	49
3.1. RESEÑA HISTÓRICA DEL SECTOR	49
3.2. FILOSOFÍA ORGANIZACIONAL UNIDAD MINERA MILPO ATACUCHA....	50
3.3. PRODUCTOS Y/O SERVICIOS UNIDAD MINERA MILPO ATACUCHA	51
3.4. Diagnóstico organizacional Unidad Minera Milpo Atacocha	54

CAPÍTULO IV: RESULTADOS	55
4.1. PROPUESTA DE MEJORA	55
4.2 DISEÑO DE MEJORA	57
4.4. TÉCNICAS INSTRUMENTALES EMPLEADAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PCB	63
4.5. TRATAMIENTO DE LA MUESTRA	64
4.6. INTERPRETACIÓN DE CROMATOGRAMA.	68
4.7. MECANISMO DE CONTROL	69
CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS	73
CONCLUSIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76

INDICE TABLAS

Tabla 1. <i>Equipos Contaminados de PCB y tratados mediante dechlorinación. 2012</i>	10
Tabla 2. <i>Distribución de equipos contaminado con PCB según el sector económico</i>	11
Tabla 3. <i>Comparación entre los tiempos de retención de los picos de Aroclor.</i>	37
Tabla 4. <i>Cuadro comparativo de producción de PCBs en el mundo</i>	46
Tabla 5. <i>Producción y costo de subproductos, años 2020, 2021 y 2022.</i>	50
Tabla 6. <i>Resultados de descarte de PCB en suelos</i>	56
Tabla 7. <i>Realización de las etapas del proyecto</i>	57
Tabla 8. <i>Propuestas en la realización de las etapas</i>	58

INDICE FIGURAS

Figura 1. <i>Distribución de Equipos contaminado con PCB según sector</i>	11
Figura 2. <i>Criterios de aceptación AOAC de 0.1 a 100 (ug/g) ppm</i>	18
Figura 3. <i>Ubicación de la unidad minera Milpo Atacocha. Escala 5 km</i>	21
Figura 4. <i>Ubicación geográfica Milpo Atacocha. 10°34'46''S 76°11'17''W 3,558m</i>	22
Figura 5. <i>Ubicación geográfica Milpo Atacocha. 10°34'46''S 76°11'16''W 3,554m</i>	23
Figura 6. <i>Ubicación geográfica Milpo Atacocha. 10°34'44''S 76°11'13''W 3,560m</i>	24
Figura 7. <i>Ubicación geográfica Unidad Minera Milpo Atacocha. 10°34'31''S 76°11'23''W 3,554m</i>	26
Figura 8. <i>Ruta de Lima a Mina Atacocha campamento Chicrin</i>	27
Figura 9. <i>Coordenadas UTM, Mina Atacocha. Chicrin. 10°34'43''S 76°11'10''W 3,619m</i>	28
Figura 10. <i>Molécula de PCB y las posiciones del Cloro</i>	31
Figura 11. <i>Movimiento de POB hacia el medio ambiente</i>	33
Figura 12. <i>Estándares de calidad ambiental. Aguas superficiales a la producción de agua potable</i> ..	34

Figura 13. Estándares de calidad ambiental. Extracción de actividades costeras.....	35
Figura 14. Estándares de calidad ambiental. Riego de vegetales y bebida de animales.....	35
Figura 15. Estándares de calidad ambiental. Conservación del ambiente acuático.....	35
Figura 16. Corrida con muestra blanco de isooctano.....	38
Figura 17. Corrida con muestra blanco matriz: aceite mineral.....	38
Figura 18. Matriz muestra real. Picos interferentes para el 1242.....	39
Figura 19. Corrida muestra real de los picos correspondientes a los arocloros 1242.....	40
Figura 20. Corrida muestra real de los picos correspondientes a los arocloros 1254.....	40
Figura 21. Corrida muestra real de los picos correspondientes a los arocloros 1260.....	41
Figura 22. Mezclas comerciales de PCB. Fuente MINPETEL S.A., 2021.....	42
Figura 23. Uso de las Mezclas comerciales de PCB en el período 1929-1975.....	42
Figura 24. Análisis para <i>PCB en aceites dieléctricos Aroclor</i>	44
Figura 25. Resultados de análisis para PCB en aceites dieléctricos con resultados.....	45
Figura 26. Producción minera en producción nacional del 5.5%.....	51
Figura 27. Producción minera en producción nacional del 23.0%.....	52
Figura 28. Inversiones reportadas por los Titulares Mineros al 26 de junio de 2023.....	52
Figura 29. <i>Proyectos de exploración minera</i>	53
Figura 30. <i>Transformadores</i>	59
Figura 31. <i>Condensadores</i>	60
Figura 32. <i>Balastros</i>	60
Figura 33. <i>Toma de muestra de diferentes matrices y de aceites dieléctricos</i>	61
Figura 34. <i>Tratamiento de la muestra</i>	63
Figura 35. <i>Pesado de florisil</i>	64
Figura 36. <i>Muestra siendo tratada en el sistema de elución</i>	65
Figura 37. <i>Eluato obtenido</i>	65

Figura 38. <i>Cargado de los viales conteniendo los Eluatos</i>	66
Figura 39. <i>Encargados de la determinación de PCB</i>	66
Figura 40. <i>Cálculo de la concentración de PCB</i>	68
Figura 41. <i>Disposición de PCB en función al costo y la concentración del contaminante</i>	69
Figura 42. <i>Diagrama del proceso de dechlorinación</i>	72

INDICE ANEXOS

Anexo 1. <i>Determinación de PCB en Aceites Dieléctricos con referencia al ASTM D4059-00(2010)</i>	78
Anexo 2. <i>CROMATOGRAFO DE GASES-MS modelo 7890A, marca AGILENT TECHNOLOGIES, serie CN10810144</i>	88
Anexo 3. <i>Plan de Aseguramiento de la Calidad de resultados</i>	88
Anexo 4. <i>Inter laboratorio en la que participó el Laboratorio de la Digesa, Julio 2018.</i>	90
Anexo 5. <i>Congéneres de PCB 48 determinados en el Laboratorio de Control Ambiental de la Digesa por Espectrometría de Masas.</i>	91

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad mejorar los comportamientos seguros de la empresa minera MILPO unidad ATACOCHA periodo 2023 y con un objetivo específico de proponer un procedimiento adecuado y/o optimizado para la gestión de desechos de las actividades mineras, consistentes en Bifenilos Policlorados (PCB), que contengan o estén contaminados con ellos. Por ello, se da a conocer las bases teóricas concernientes a la naturaleza, toxicidad, persistencia y bioacumulación de estos contaminantes orgánicos, así como el marco legal vigente. Asimismo, se tomó como referencia, información del Ministerio de Salud, publicación de guía en el manejo ambientalmente de existencias y residuos de bifenilos policlorados¹, cuyos resultados sirvieron como línea base para posteriores muestreos y análisis de Bifenilos Policlorados (PCB) a nivel de ciudades priorizadas del Perú para matrices agua y aire. Además, podemos encontrar muestras de PCB, en la utilización de aceites dieléctricos, presentes en generadores eléctricos, condensadores, pinturas, revestimientos, retardantes de llama, selladores para calafateo, balastos de lámparas fluorescentes, la cual es de importancia para tomar medidas de seguridad. Asimismo, la técnica utilizada fue la recopilación de información basada en el muestreo, resultados de campo y las existencias de PCB en la minera MILPO unidad Atacocha, según data del 2017. Finalmente, lo que se pretende es establecer una herramienta en la toma de decisiones, para el fortalecimiento en la gestión de los residuos de PCB en la organización del sector minero minera MILPO unidad ATACOCHA periodo 2023.

Palabras claves: PCB, bifenilos policlorados.

¹ DIGESA-ONUDI. (2017). Guía para el manejo ambientalmente racional de existencias y residuos de bifenilos policlorados (PCB). Edit. Solvima Graf S.A.C.

INTRODUCCION

La minería es una de las industrias cuyo aporte al PBI nacional es de significativa importancia, según el MINEM, la inversión minera en mayo del 2023 superó los 345 millones de dólares, acumulando desde inicio de año más de 1,515 millones de dólares, alcanzando una tasa de crecimiento del 3.0% con respecto al mes de abril, y un crecimiento de 1.1% en comparación a lo reportado en mayo del 2022². Considerando que el Perú es uno de los países que ha ratificado el convenio de Estocolmo tocante a los contaminantes orgánicos persistentes, con el objetivo de que en base a estrategias conllevar a la disminución y eliminación de estos contaminantes persistentes, así como la eliminación de 1000 toneladas de equipos y residuos que contengan PCB, ese fue el motivo por el cual se llevó a cabo el inventario y etiquetado de 10000 equipos eléctricos que contengan PCB³. En ese sentido, a través del proyecto PCB se ha puesto de manifiesto la importancia de lo que implica el empleo de estos contaminantes a la salud. Por lo que, si bien la industria minera es uno de los sectores que mayores ingresos generan al país, a su vez su actividad presenta riesgos laborales por bio-acumulación de contaminantes, toxicidad y contaminación por aquellos equipos viejos que aun utilizan los llamados aceites dieléctricos que contienen PCB.

² MINEM. (2023, 12 de julio). Inversión minera superó los US\$ 345 millones en mayo y es la cifra más alta en lo que va de 2023. Gob.pe.

³ DIGESA-ONUDI. (2017). Inventario y Eliminación de Existencias y Residuos con PCB. Edit. Solvima Graf S.A.C.p.9.

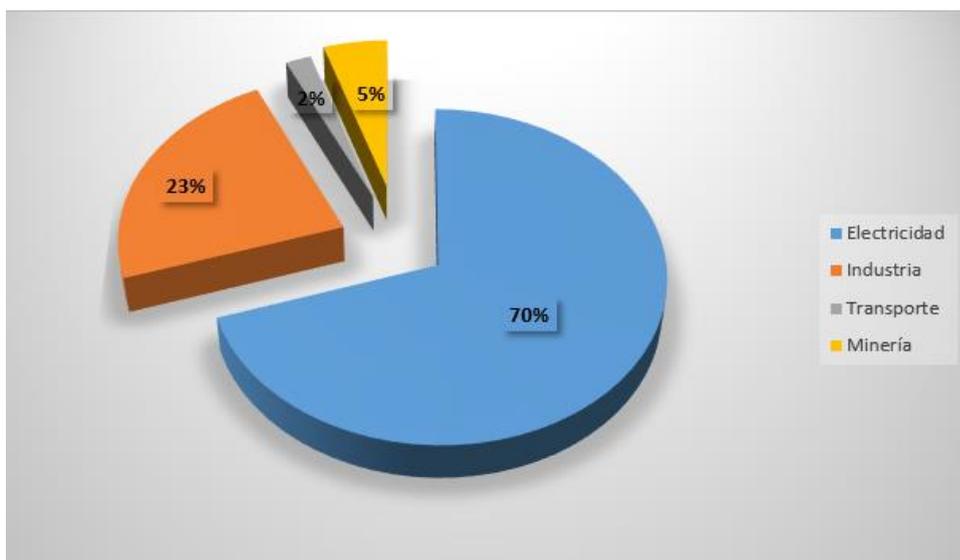
Tabla 1. Equipos Contaminados de PCB y tratados mediante dechlorinación. 2012

N°	Empresa	Unidad	Potencia (Kva)	Marca	N° de serie	Peso Total (kg)	Año	País	Suma de Arocloros (mg/kg)
1	Buenaventura	Uchucchacua	1000	Delcrosa	123074T2	3 300	1983	Perú	59.7
2	Buenaventura	Uchucchacua	250	ABB	WT1005	2 500	2001	Perú	60.1
3	Buenaventura	Coiquirrumi	125	General Electric	B-473171	2 00	1977	USA	47.3
4	MILPO	Atacocha	500	General Electric	8638809	3 130	1952	USA	190.57
5	MILPO	Atacocha	500	General Electric	S/N	3 130	ND	USA	214.93
6	MILPO	Atacocha	561	General Electric	F958033A	5 535	1952	USA	570.47
7	MILPO	Atacocha	500	General Electric	8631051	3 085	1952	USA	134.02
8	MILPO	Atacocha	500	General Electric	8631052	3 085	1952	USA	96.57
9	MILPO	Atacocha	561	General Electric	F958033B	5 535	1952	USA	811.27
10	MILPO	Atacocha	561	General Electric	F958033C	5 535	1952	USA	820.45
11	MILPO	Atacocha	561	General Electric	F958033C	5 535	1952	USA	788.01
12	MILPO	Atacocha	500	General Electric	8638810	3 130	1952	USA	361.78
13	Santa Luisa	Huanzalá	150	ND	745121	860	ND	Perú	203.54
14	Poderosa	Pataz	1300	Oerlikon	831057T01-1	3 000	1996	ND	95.54

Nota. Listado de equipos contaminados con PCB y tratados mediante dechlorinación, tomado del Inventario y Eliminación de Existencias y Residuos con PCB.p18. Elaboración propia.

Por lo que, la gestión de residuos en minera MILPO unidad ATACOCHA, tiene como propósito garantizar el manejo y la disposición ambientalmente racional de los PCB, que puedan encontrarse en la maquinaria empleada por la mina minera MILPO unidad ATACOCHA periodo 2023. De acuerdo a las estadísticas de los últimos años, la distribución de equipos contaminados según el sector tenemos que el 5% corresponde a la minería, como se ve en la figura 1.

Figura 1. *Distribución de Equipos contaminado con PCB según sector*



Nota. tomado del Inventario y Eliminación de Existencias y Residuos con PCB.p.77.
Elaboración propia.

Tabla 2. *Distribución de equipos contaminado con PCB según el sector económico*

Sector	Número de empresas	Número de equipos	%	Peso (kg)	%
Electricidad	15	216	70%	142 880	48%
Industria	2	72	23%	115 576	39%
Transporte	3	7	2%	4 262	1%
Minería	1	14	5%	32 900	11%
Total	21	309		295 618	

Nota. tomado del Inventario y Eliminación de Existencias y Residuos con PCB.p.76.
Elaboración propia.

El presente Trabajo de investigación pretende ser una herramienta para la toma de decisión para la disposición racionalmente ambiental de los contaminantes PCB presentes en la industria minera y en específico en la mina minera MILPO unidad ATACOCHA periodo 2023. El desarrollo de la tesis consta de V capítulos con conclusiones y recomendaciones expresadas en forma resumidas como se detalla: Capítulo I: Antecedentes del estudio, en este apartado se mostrará el planteamiento del problema, la formulación del problema, la hipótesis, los objetivos de la investigación, la metodología, la justificación, definiciones, los alcances y limitaciones del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

1.1. TÍTULO DEL TEMA

“Elaboración de una propuesta para el fortalecimiento de la gestión de residuos de PCB en minera MILPO unidad ATACOCHA periodo 2023”.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Situación problemática

Los Contaminantes Orgánicos Persistentes dentro de los cuales se encuentran los PCB, cuyos efectos son nocivos al ser humano y al medio ambiente, se encuentran considerados en el Convenio de Estocolmo referente a los COPs (Contaminantes Orgánicos Persistentes), la cual son de utilización en la industria eléctrica y minera, debido a sus propiedades como retardantes, disolventes, pinturas, entre otros en los transformadores eléctricos de PCB, estos Bifenilos Policlorados tiene como característica la persistencia y bioacumulación en los alimentos, pero también a través de la inhalación y la absorción a través de la piel, habiéndose identificado PCB en aire, agua, sedimentos, peces, animales y tejidos humanos. Asimismo, para la realización del inventario en el 2012, ejecutado por el MINAM y el PNUMA, se seleccionó una muestra acotada de equipos de transformación de 8 empresas del sector minero y 21 unidades de producción. Los equipos que presentaron concentraciones de PCB superior a los 50 mg/L de arocloros se puede ver en la tabla 1.

Mientras que en el 2017 el porcentaje de equipos contaminados según el Inventario citado, de acuerdo al sector económico se refleja en la Fig. 1., manifestando un porcentaje de contaminación por PCB en el sector minero de un 5%, habiendo participado 21 empresas, realizándose el estudio en 309 equipos. En tal sentido el presente trabajo de investigación busca sentar un precedente que sirva de material de consulta para el fortalecimiento de la gestión de residuos de PCB en minera MILPO unidad ATACOCHA periodo 2023, a través de una propuesta que permita la mejora en el manejo de los residuos de existencias de PCBs procedentes de la unidad minera Atacocha, basada en la decisión procedente de resultados de análisis y metodologías claras propuestas para su disposición final.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo General

Fortalecer la gestión de residuos de PCB en minera MILPO unidad ATACOCHA periodo 2023, mediante la implementación de la presente propuesta de fortalecimiento de la gestión de residuos de PCB, incidiendo en el procedimiento para la detección de equipos contaminados, determinación de la concentración del contaminante, la toma de decisión y disposición y/o eliminación del material contaminado, existente en el sector minero, en específico en la minera MILPO unidad ATACOCHA periodo 2023.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar los equipos contaminados mediante técnicas analíticas instrumentales, considerando la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas.

- Determinar la existencia de equipos que presenten contaminantes orgánicos persistentes PCB, a través del inventario actualizado del 2017.
- Gestionar adecuadamente el manejo de residuos de PCB en una la Minera Milpo Unidad Atacocha, lo cual permitirá dejar fuera de circulación los aditivos que contienen PCB, de modo se procure la vuelta a la operatividad de los equipos contaminados.

1.4. METODOLOGÍA

La metodología a emplear será a través del método mixto, según Hernández, R. (2014) “implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema”. (p.532)

La forma como se llevará a cabo será de la siguiente manera, primeramente se buscará capacitar tanto al personal técnico, como a todo personal que se encuentre involucrado en la operaciones que conlleven interacción con los equipos que pueden contener existencias de PBC, seguidamente capacitar en el muestreo principalmente de aceites dieléctricos, como de agua, aire y suelos, a través de metodologías de muestreo estandarizadas; obtenidas las muestras realizar la capacitación de cómo deben de ser rotulados los frascos donde se colocarán las muestras que deben ser llevadas al laboratorio de manera hermética y sin contaminación, guardando la cadena de frio en la llegada de las muestras hasta el laboratorio; seguidamente, realizar el tratamiento de las muestras a través de la metodología DIGESA-AO-PE-13.⁴

Por ello, se considera dentro de su procedimiento al Cromatógrafo de Gases con detector de Captura de Electrones (GC-ECD) marca Agilent Technologies, modelo 7890A, acoplado a Espectrómetro de Masas; según la determinación de la concentración de la muestra, en la cual se

⁴ Anexo1. Determinación de PCB en Aceites Dieléctricos con referencia al ASTM D4059-00(2010)

determinará tanto la presencia de arocloros 1242, 1254 y 1260, a través de sus cromatogramas y de acuerdo a la determinación de su concentración total, se contrastará con la tabla de opciones para la disposición de PCB, y se decidirá su disposición final, ya sea para su recuperación o para su eliminación. A continuación, se detallarán las etapas a seguir en la presente metodología.

1.4.1. Capacitación al personal técnico

Se realizará una capacitación a todo el personal técnico que se encuentre relacionado a la operatividad de los equipos que empleen estos aditivos como aceites dieléctricos, así como al personal encargado de realizar el monitoreo ambiental de las matrices circundantes a la unidad minera, seguidamente se le tomará una evaluación a fin de verificar la eficacia de la capacitación.

1.4.2. Recuento de equipos existentes que utilizan aceites dieléctricos y proveedores

Seguidamente se procederá a realizar un recuento de los equipos que utilizan aceites dieléctricos como retardantes o como lubricantes.

Se debe contar con un registro de los proveedores de estos aditivos a fin de mantener un control de la frecuencia de adquisición.

Se debe contar con registros tipo check list de la condición de operatividad de los equipos.

1.4.3. Recolección de muestras

La recolección de muestras fue realizada a través de la colección de material dieléctrico contenido en la totalidad de equipos que emplean este aditivo, en una botella de vidrio ámbar de 50 mL, a la cual se le coloca una contratapa interna y una tapa rosca, a fin de evitar pérdida y/o contaminación cruzada por contacto con otras muestras. Posteriormente debe ser llevada al Laboratorio para su tratamiento y análisis respectivo.

1.4.4. Análisis de muestras y obtención de resultados

Llegadas las muestras al laboratorio son ingresadas a través de un registro conocido como cadena de custodia, el cual indica el equipo del que fue tomada la muestra y la empresa a la que pertenece. Una vez ingresada se procede a realizar el tratamiento de la muestra a través de la metodología⁵, Equipo CROMATOGRFO DE GASES-MS modelo 7890A, marca AGILENT TECHNOLOGIES, serie CN10810144⁶.

Los eluatos obtenidos procedentes del tratamiento de las muestras, son colocados en el autosampler (contenedor de muestras contenidos en viales de 1.5 ml), los cuales son inyectados de forma programada por el software, al Cromatógrafo de gases acoplado al espectrómetro de masas. Aquí se considera también el análisis de patrones comerciales certificados comercialmente, los cuales nos permitirán controlar el proceso tanto del tratamiento de la muestra como de la lectura por el equipo. Donde, obtenidos los cromatogramas, se realizan los cálculos para la determinación de la concentración de las muestras.

1.4.5. Tratamiento de datos

Los datos obtenidos serán contrastados frente a estándares comerciales a través de parámetros del plan de aseguramiento de la calidad tales como:

- Blanco o aceite dieléctrico libre de PCB
- Muestra problema
- Patrón o surrogado de concentración conocida agregado a la muestra problema
- Patrón o surrogado de concentración conocida
- Duplicado de la muestra problema.⁷

⁵ Anexo1. Determinación de PCB en Aceites Dieléctricos con referencia al ASTM D4059-00(2010)

⁶ Anexo 2. CROMATOGRFO DE GASES-MS modelo 7890A, marca AGILENT TECHNOLOGIES, serie CN10810144

⁷ Anexo3. Plan de Aseguramiento de la Calidad de resultados.

1.4.6. Resultados

De los datos obtenidos de los cálculos de las concentraciones de las muestras, se emplearán métodos cuantitativos a fin de determinar el grado de contaminación de los equipos (en caso de que estuvieran), con la finalidad de tomar decisión para su disposición de las existencias de residuos y recuperación de la operatividad de los equipos, así como la eliminación de las existencias de residuos en caso la concentración del contaminante supere los 500 ppm (aroclor puro), utilizando la Tabla de opciones para la toma de decisión.

1.4.7. Interpretación

Para verificar la veracidad de los resultados obtenidos se empleó el porcentaje de recuperación del analito mediante la siguiente fórmula, siguiendo los criterios de la AOAC (*Association of Analytical Communities*):

Figura 2. Criterios de aceptación AOAC de 0.1 a 100 (ug/g) ppm

Analyte, %	Mass fraction (C)	Unit	RSD _r , %
100	1	100%	1.3
10	10 ⁻¹	10%	1.9
1	10 ⁻²	1%	2.7
0.1	10 ⁻³	0.1%	3.7
0.01	10 ⁻⁴	100 ppm (mg/kg)	5.3
0.001	10 ⁻⁵	10 ppm (mg/kg)	7.3
0.0001	10 ⁻⁶	1 ppm (mg/kg)	11
0.00001	10 ⁻⁷	100 ppb (µg/kg)	15
0.000001	10 ⁻⁸	10 ppb (µg/kg)	21
0.0000001	10 ⁻⁹	1 ppb (µg/kg)	30

Nota. tomado del Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements (2016).

En ese sentido, si los controles considerados en la Tabla de aseguramiento de la calidad no cumplen con el porcentaje de recuperación considerados en estos criterios de aceptación, entonces tendría que hacerse un reensayo, debido a que no es posible garantizar el resultado obtenido, y por ende la concentración de arocloros 1242, 1254 y 1260, potencialmente presentes en las muestras materia de estudio; por lo que, la introducción de estos parámetros de control me permiten determinar la concentración del analito con un rango probabilidad superior al 95% de certeza.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Una de las prioridades nacionales que se identificaron para considerar en el Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo tocante a los COPs, es la necesidad de fortalecer las capacidades en materia de gestión de sustancias y residuos de COP.

En ese sentido, el presente trabajo de investigación es una propuesta como material de consulta en lo que respecta a la identificación y determinación de residuos que contengan PCB, así como la adecuada gestión de equipos contaminados, y la consecuente eliminación de los contaminantes organoclorados y su manejo ambiental de residuos de PCB en minera MILPO unidad ATACOCHA periodo 2023.

De no realizarse esta investigación sería muy volátil la cantidad de información existente en el medio, lo que traería como consecuencia un manejo de estos residuos de PCB aplicados de manera general, no específica para la industria minera propiamente, pudiendo conllevar a potenciales eventos de contaminación humana. Este trabajo de investigación se basa en la evaluación de los diferentes proyectos realizados por el Ministerio del Ambiente, el PNUMA, así como la ONUDI, y la legislación ambiental vigente.

1.6. PRINCIPALES DEFINICIONES

- Aceites dieléctricos: Aceite utilizado en transformadores que impide o aísla el calor y la electricidad.
- Acondicionamiento: Aseguramiento de las condiciones del material contaminado, el cual será dispuesto posteriormente para su eliminación.
- Almacenamiento temporal: Acumulación temporal de los materiales contaminados, que guarda los requerimientos técnicos hasta su final disposición.
- Bifenilos Policlorados u Organoclorados (PCB): Compuestos orgánicos cíclicos insaturados conformados por 2 anillos bencénicos unidos entre sí por un enlace único carbono-carbono) los cuales son sustituidos hasta por 10 átomos de cloro. Altamente tóxicos, bio-acumulables, persistentes, carcinogénicos.
- Capacitor (Condensador): Equipo que presenta la capacidad de contener una carga eléctrica, presenta placas metálicas separadas por un material de naturaleza dieléctrica.
- Máximo Permitido de PCB: va de 2 ppm hasta una concentración inferior de 50 ppm en materiales aceitosos o superior a $0,4 \mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$ e inferior a $10 \mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$ para superficies no porosas.
- Declorinación: Cuando los átomos de cloro son sustituidos por átomos de hidrógeno en las moléculas de PCB de forma inducida o provocada, a fin de disminuir su concentración y toxicidad.

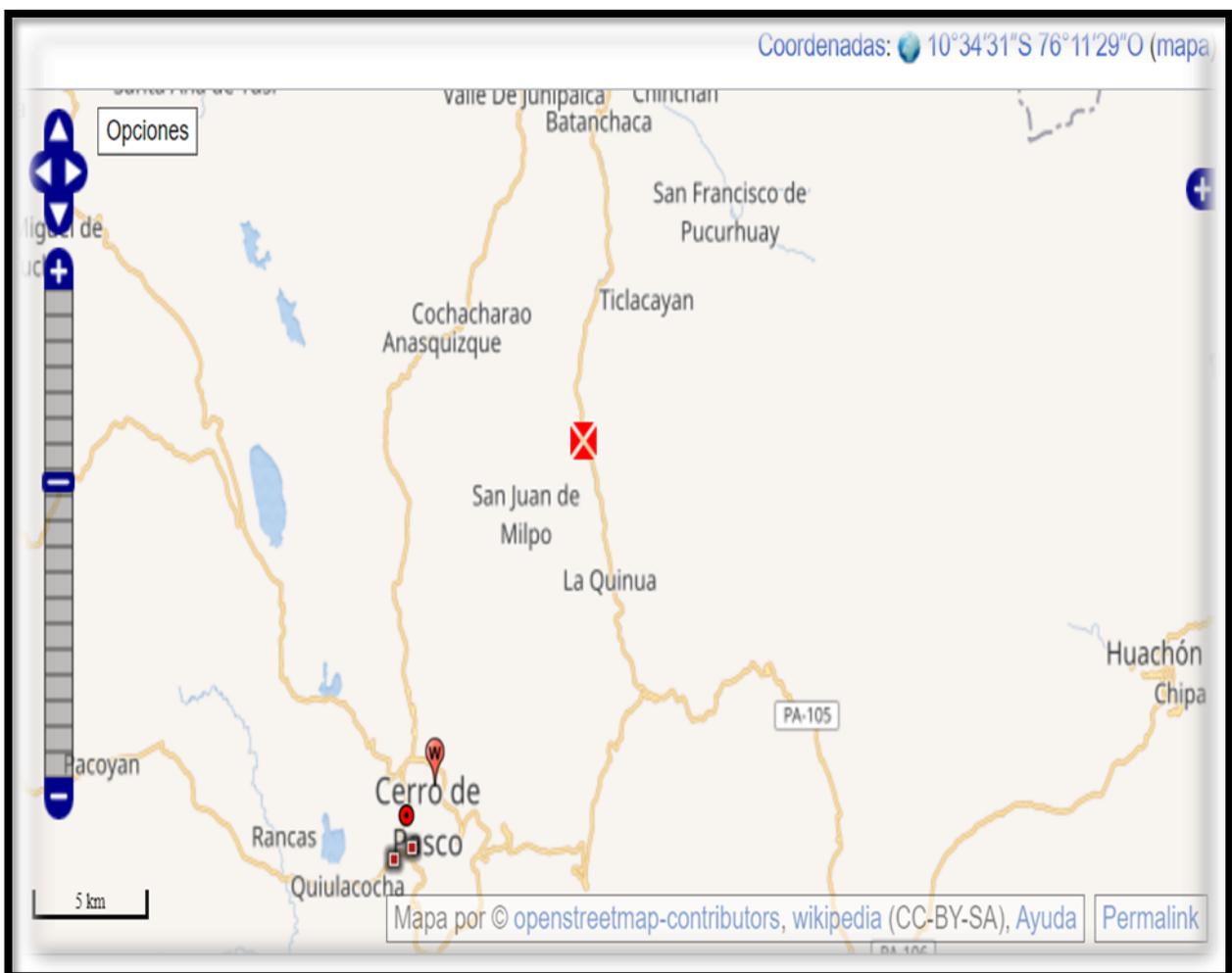
1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES

La presente investigación tiene un alcance descriptivo y explicativo que busca con base en el fortalecimiento de las capacidades, el manejo ambiental adecuado para la disposición de residuos que contengan PCB dentro del complejo minero. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo enfocado en la empresa minera MILPO unidad ATACOCHA, ubicado a una altitud de 4050 m.s.n.m. a 15 km noroeste de Cerro de Pasco. Las coordenadas UTM de los principales componentes de la

minera son:

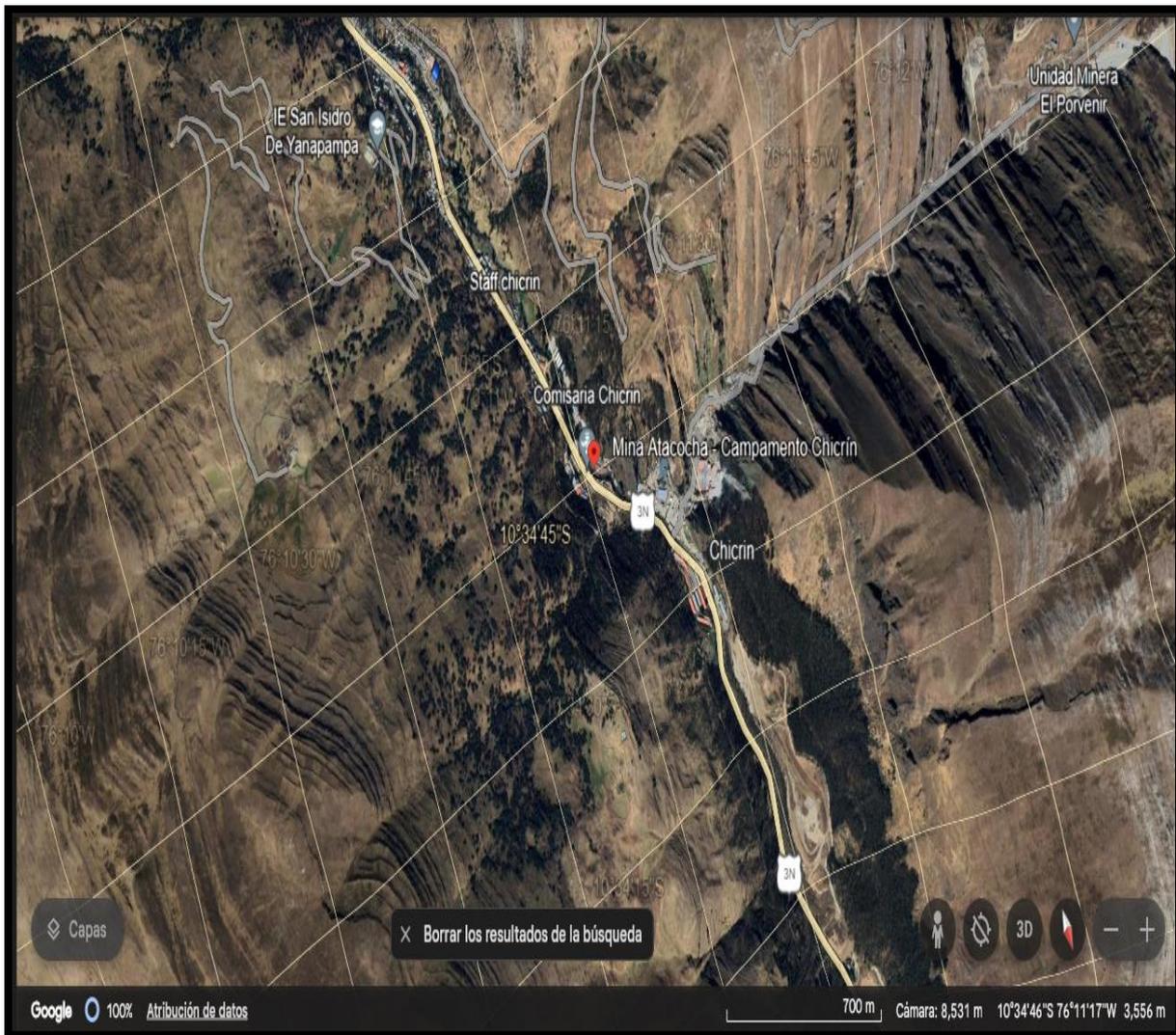
- Campamento Chicrín 369,761 E – 8°830,201 E;
- Planta de Concentración Chicrín 369,177 E – 8°830,578 E;
- Cancha Relavera Chicrín 368,947 E – 8°831,521 E;
- Depósito Relavera Vaso Cajamarquilla 369,607 E – 8°832,542 E;
- Depósito Relavera Vaso Ticlacayán 371,400 E – 8°836.

Figura 3. Ubicación de la unidad minera Milpo Atacocha. Escala 5 km



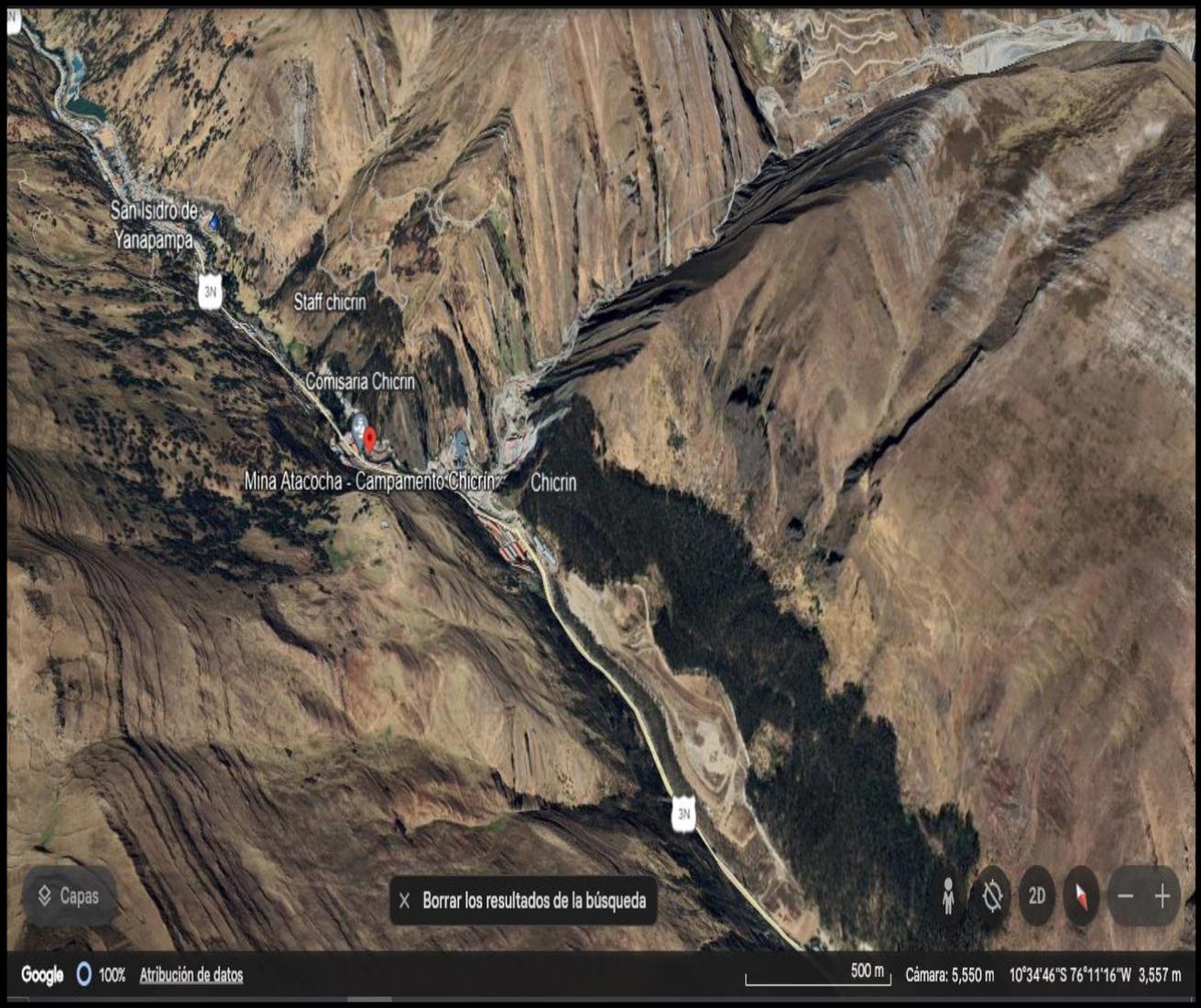
Nota. Mapa tomado de Wikipedia. Escala 5 km

Figura 4. Ubicación geográfica Milpo Atacocha. $10^{\circ}34'46''S$ $76^{\circ}11'17''W$ 3,558m



Nota. Tomada de Google Earth escala 700 m

Figura 5. Ubicación geográfica Milpo Atacocha. 10°34'46''S 76°11'16''W 3,554m



Nota. Tomada de Google Earth escala 500 m

Figura 6. Ubicación geográfica Milpo Atacocha. 10°34'44''S 76°11'13''W 3,560m



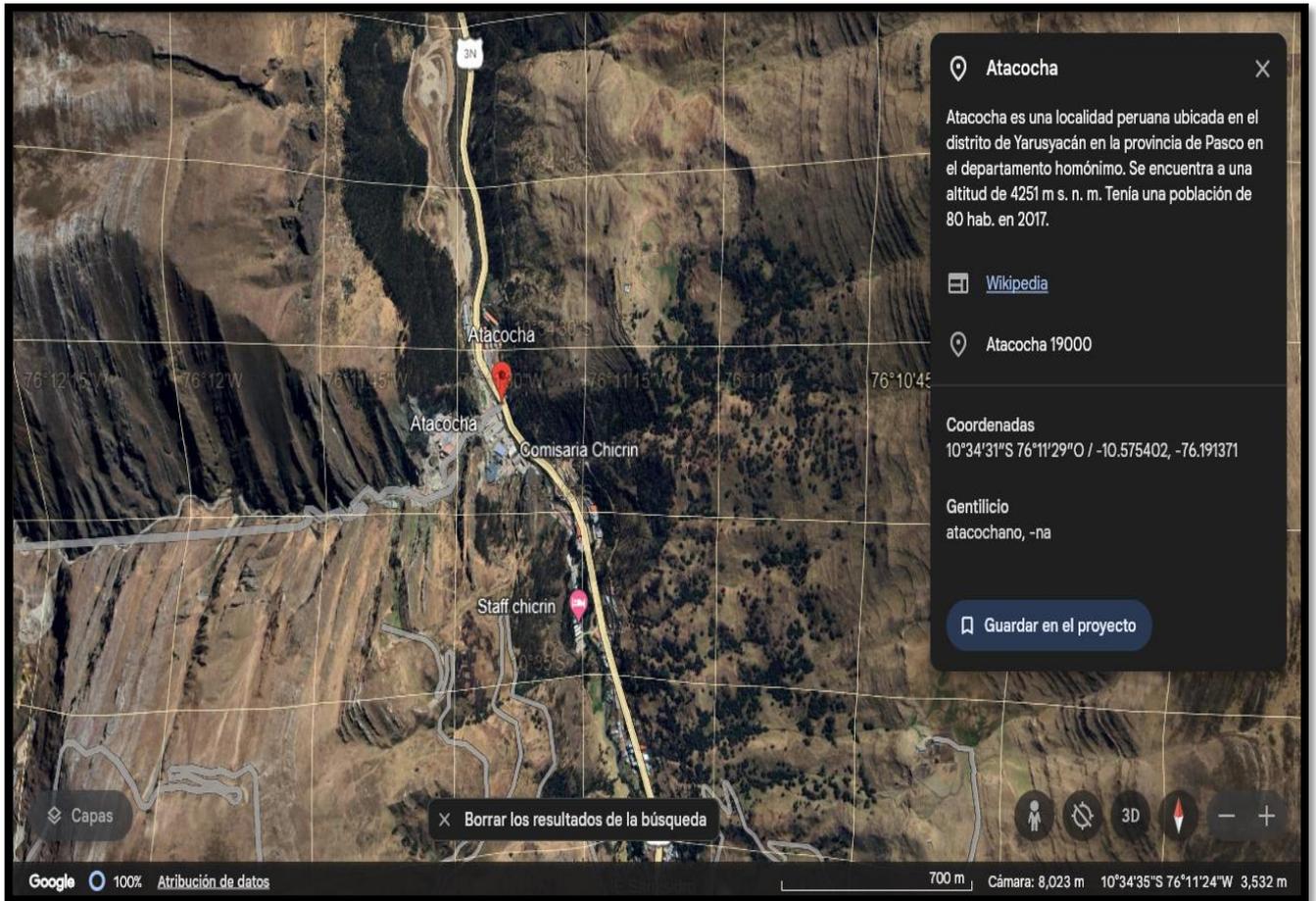
Nota. Tomada de Google Earth escala 900 m

La vía de acceso se realiza a través de la carretera central viniendo desde Lima, es por la ruta La Oroya, Carhuamayo, Colquijirca, lo que se conoce como el cruce que se encuentra ubicado entre Huánuco y Cerro de Pasco, de allí hasta Chicrin, desde aquí el camino es sigue a un desnivel de 450 m.

En lo que respecta al área de influencia de la mina se pueden visualizar tres zonas morfológicas marcadas, la superficie Puna, la zona de cordillera y la de valles periglaciales, la cual presenta fuertes pendientes, así como suaves relieves, con cotas que varían entre 4000 y 4400 m.s.n.m. que proceden de las zonas altas del cerro Santa Bárbara y el Cherchere, entretanto que las quebradas que vienen a ser las zonas más bajas pertenecen a la quebrada de la Lagia y la de Chicrin. La topografía presente relieves fuertes y ascendentes, logrando una altitud de 4500 m.s.n.m.⁸

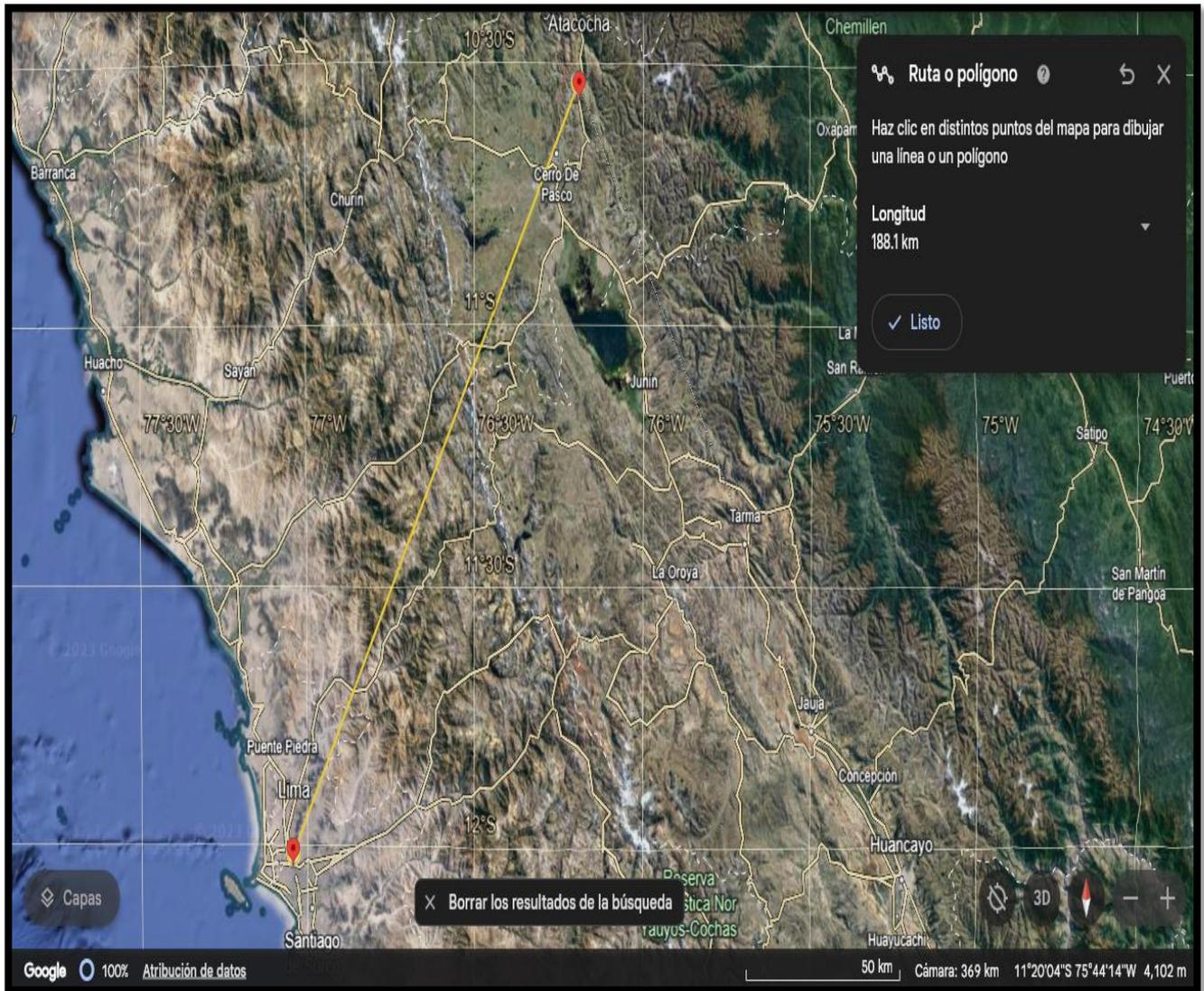
⁸ Vivas. Meneses, C. (2009). Incremento de la altura de corte, en función a un estudio geo mecánico para optimizar la producción del stope 097 en la zona de santa bárbara, sección 02 en el NV 3420 en la compañía minera Atacocha-unidad Atacocha-grupo Milpo [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú.] Huancayo-Perú.

Figura 7. Ubicación geográfica Unidad Minera Milpo Atacocha. 10°34'31''S 76°11'23''W 3,554m



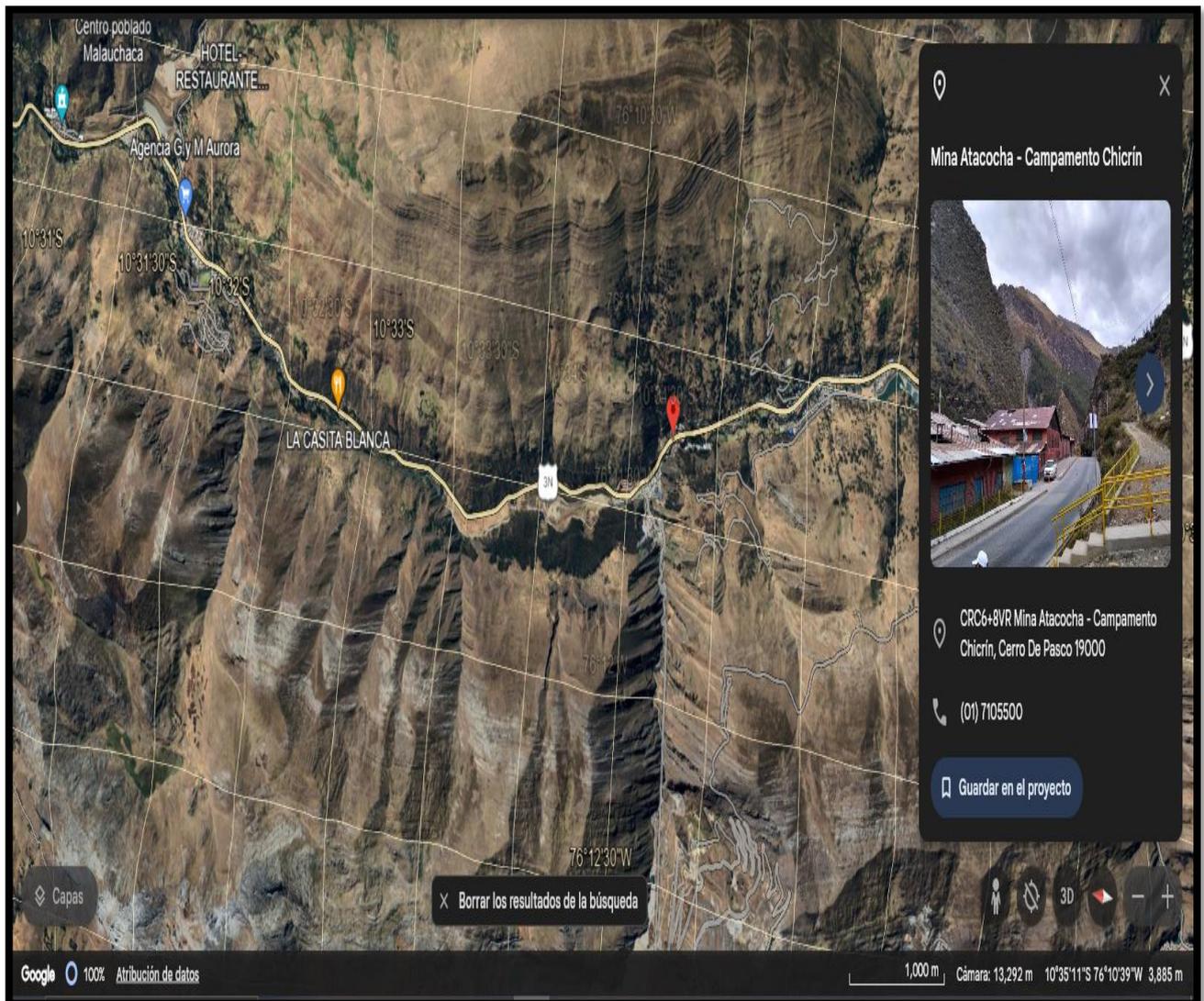
Nota. Tomada de Google Earth escala

Figura 8. Ruta de Lima a Mina Atacocha campamento Chicrin.



Nota. Tomada de Google Earth escala 50 km

Figura 9. *Coordenadas UTM, Mina Atacocha. Chicrin. 10°34'43''S 76°11'10''W 3,619m*



Nota. Tomado de Google Earth escala 1000 m

1.8. CRONOGRAMA DE DESARROLLO

Cronograma del Trabajo de Investigación 2023	J	A	S	O	N	D
1. Planteamiento del problema y objetivos de la investigación						
2. Marco Teórico						
3. Revisión de la literatura						
4. Metodología (elaboración de capacitaciones, registros, evaluación, determinación de métodos a emplear)						
5. Análisis de los datos y resultados (obtención de datos de análisis, tratamiento de resultados e interpretación)						
6. Desarrollo del modelo (implementación del procedimiento para fortalecimiento de la gestión de residuos de PBC)						
7. Conclusiones e implicaciones						
8. Extensiones, limitaciones y contribuciones						

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLES CLAVE

- **Capacitación Técnica en residuos de PCB**

Fortalecer la capacitación en residuos de PCB, su adecuada gestión dependerá de la relación existente entre la capacitación, la identificación mediante tecnología de punta, y el fortalecimiento en el manejo consecuente de decisiones acertadas para la disposición de los equipos y existencias contaminadas.

- **Identificación de equipos contaminados**

La capacitación técnica al equipo técnico es crucial, cuya finalidad conlleva la responsabilidad de mapear las potenciales existencias de residuos contaminados en los equipos en operación.

- **Determinación de existencias contaminadas en equipos en operación**

El empleo de tecnología de punta como la espectrometría de masas acoplada a cromatografía de gases es fundamental para determinar una existencia de residuos de contaminación positiva o negativa; así como mantener estándares de calidad analítica universal en la determinación de estos contaminantes.

- **Gestión adecuada en el manejo de residuos de PCB**

El conocimiento de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas en la minera MILPO unidad ATACUCHA periodo 2023, son de vital importancia en la Gestión de residuos de PCB.

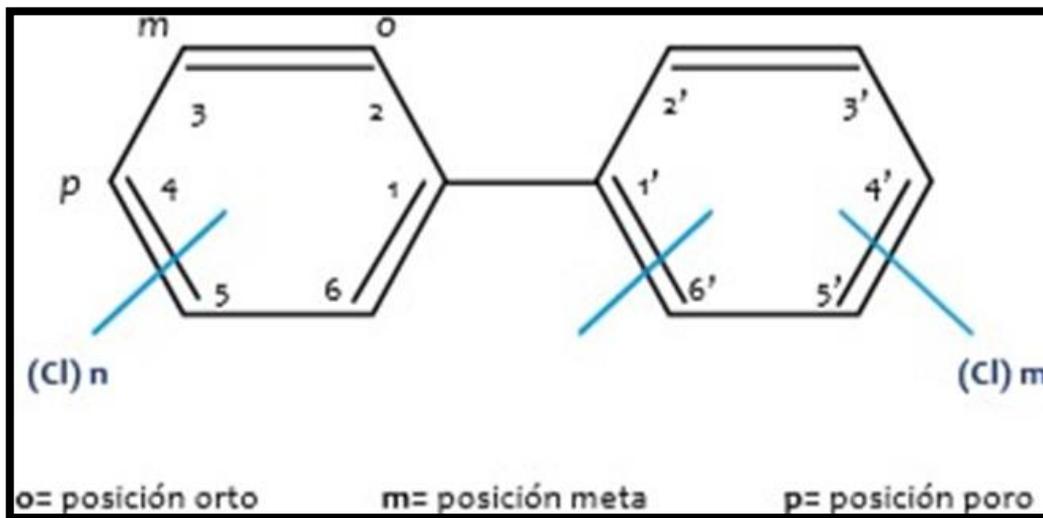
2.2 IMPORTANCIA DE LAS VARIABLES O TÓPICOS CLAVE

Su importancia radica en el manejo adecuado de las existencias de residuos de PCB, debido a que, por la naturaleza nociva de estas sustancias para el ser humano y el medio ambiente, cuyos productos comerciales se encuentran en forma de congéneres, es necesario hacerse de una metodología específica que nos permita realizar un contraste entre los congéneres encontrados con patrones de estos congéneres, de modo que sea posible trazar las fuentes contaminantes. Por lo que es posible identificar

y determinar su degradación, su dechloración ya sea de forma natural o a través de tratamiento.

Casi el 50% de los congéneres de este contaminante provienen de matrices ambientales, así tenemos que los PCB mono-orto, presentan en la posición orto un átomo de cloro, mientras que los PCB di-orto; a su vez, la estructura de los PCB planares es semejantes a la dioxina, presentando sustituciones de cloro en las posiciones para y meta del fenilo.

Figura 10. Molécula de PCB y las posiciones del Cloro



Nota. Tomado de DIGESA-ONUDI. (2017). Guía para el manejo ambientalmente racional de existencias y residuos de bifenilos policlorados (PCB). Edit. Solvima Graf S.A.C.p.22

Los PCB presentan consistencia líquida translúcida aceitosa a líquida viscosa y oscura, pudiendo formarse sólidos como la arena, así como resinas cerosas. Uno de los grandes problemas de estos contaminantes es la bioacumulación, que en los organismos que en el medio acuoso como ríos o lagos pueden concentrar estas sustancias y biomagnificarlas, siendo luego alimento de sus depredadores, los cuales pueden, a su vez ser consumidos por el hombre.⁹

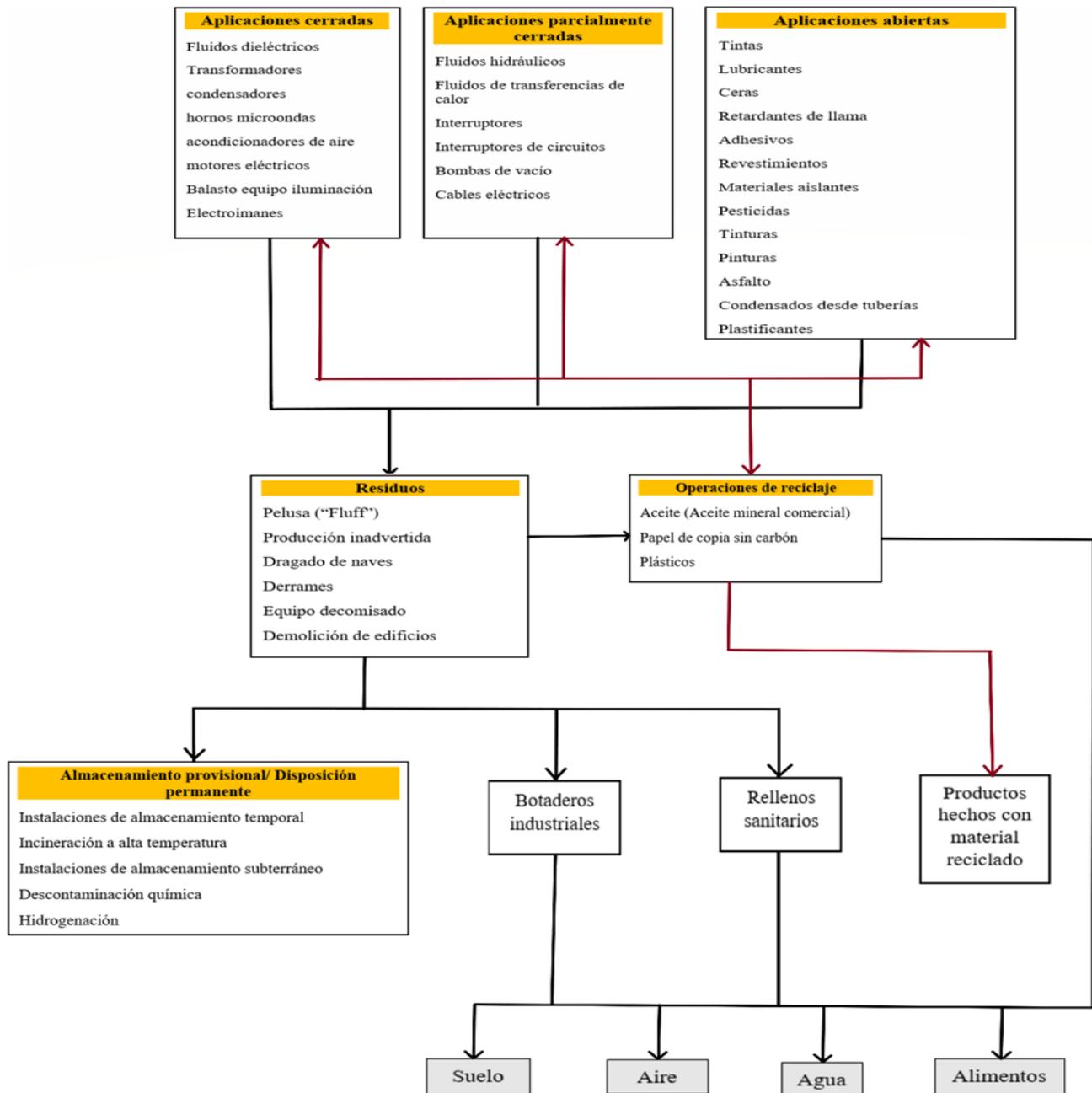
Así que, en el Perú no existía sino hasta el 2006 un marco legal que regule la importación de PCB, sirviendo de regulación solo los Convenios de Rotterdam, Basilea y Estocolmo; es así que recién en julio del 2016 el proyecto de Decreto Supremo No 490-2016/MINSA¹⁰.

Según la UNEP, IOMC, 1999, el flujo de los PCB hacia el medio ambiente se da según el siguiente cuadro.

⁹ DIGESA-ONU. (2017). Muestreo y análisis de bifenilos policlorados en agua en ciudades priorizadas del Perú, Edit. Solvima Graf S.A.C.p.30-37.

¹⁰ Resolución Ministerial N.º 490-2016-MINSA (2016, 13 de julio). Plataforma digital única del Estado Peruano.

Figura 11. Movimiento de POB hacia el medio ambiente



Nota. Movimiento de PCB a través de la fabricación, uso y disposición. Reciclaje accidental e intencional e PCB. tomado de DIGESA-ONUDI. (2017). Muestreo y análisis de bifenilos policlorados en agua en ciudades priorizadas del Perú.

Dentro de los congéneres de PCB determinados en el Perú tenemos a los arocloros 1242, 1254 y 1260, los cuales han servido de asidero para determinar la contaminación de los diferentes equipos considerados en el levantamiento de información para elaborar el inventario de existencias y residuos de PCB.

De acuerdo al DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM¹¹ “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias”, podemos ver los Límites Máximos Permisibles de estos contaminantes en las diferentes matrices ambientales, así tenemos:

Figura 12. Estándares de calidad ambiental. Aguas superficiales a la producción de agua potable.

Categoría 1: Poblacional y Recreacional				
Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable				
Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**

Nota. Tomado de DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

¹¹ DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM. (2017, 7 de junio). Plataforma digital del Estado Peruano.

Figura 13. Estándares de calidad ambiental. Extracción de actividades costeras

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales					
Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas		
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014

Nota. Tomado de DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

Figura 14. Estándares de calidad ambiental. Riego de vegetales y bebida de animales

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales			
Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	
Bifenilos Policlorados			
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045

Nota. Tomado de DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

Figura 15. Estándares de calidad ambiental. Conservación del ambiente acuático

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático						
Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos		E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos
		Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos	
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003

Nota. Tomado de DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

Al contar el país con significativos recursos hídricos, cerca del 80% de la población se concentra en zonas cuya actividad se desarrolla mayormente en el ámbito agropecuario, industrial y minero. Siendo así la sierra una región por naturaleza agropecuaria, sin embargo, al tener considerables zonas montañosas, la minería y el pastoreo surgen como consecuencia de su accidentada geografía.

La determinación de los PCBs se realizó mediante el método de ensayo “Determinación de PCB en aceites dieléctricos¹²”. Equipo CROMATOGRÁFO DE GASES-MS modelo 7890A, marca AGILENT TECHNOLOGIES, serie CN108101

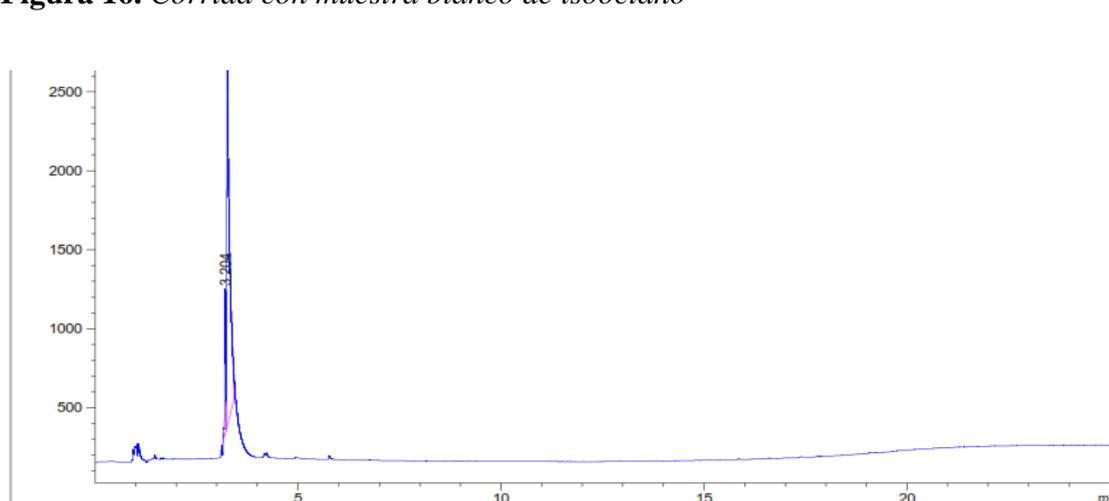
¹² Anexo1. Determinación de PCB en Aceites Dieléctricos con referencia al ASTM D4059-00(2010)

Tabla 3. Comparación entre los tiempos de retención de los picos de Aroclor.

Aroclor /pico	Tr1	Tr2	Tr3	Tr prom
Fecha	22/04/2015	02/04/2015	28/01/2015	
Aroclor 1242-1	10.111	10.184	10.148	10.1
Aroclor 1242-2	10.612	10.713	10.649	10.7
Aroclor 1242-3	11.717	11.826	11.765	11.8
Aroclor 1242-4	12.059	12.184	12.109	12.1
Fecha	22/04/2015	02/04/2015	28/01/2015	
Aroclor 1254-1	13.702	13.811	13.746	13.8
Aroclor 1254-2	13.922	14.031	13.963	14.0
Aroclor 1254-3	14.13	14.228	14.171	14.2
Aroclor 1254-4	14.701	14.783	14.742	14.7
Aroclor 1254-5	14.872	14.949	14.91	14.9
Aroclor 1254-6	15.205	15.269	15.241	15.2
Fecha	22/04/2015	02/04/2015	28/01/2015	
Aroclor 1260-1	18.267	18.281	18.292	18.3
Aroclor 1260-2	18.947	18.958	18.968	19.0
Aroclor 1260-3	19.955	19.965	19.974	20.0
Aroclor 1260-4	20.074	20.083	20.094	20.1
Aroclor 1260-5	20.74	20.751	20.763	20.8
Aroclor 1260-6	21.177	21.186	21.199	21.2

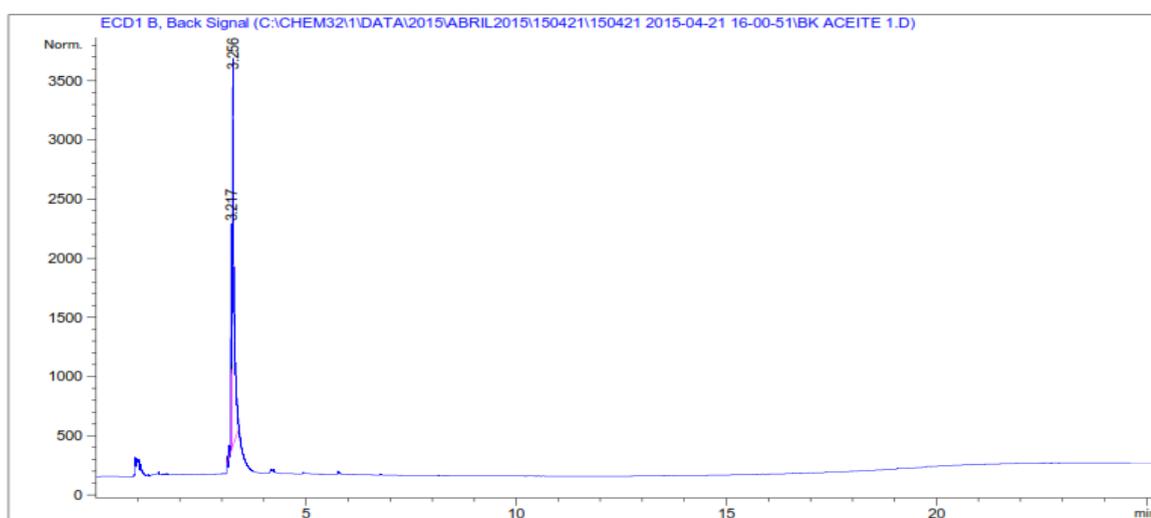
Nota. los picos de Aroclor MIX de 50 µg/g: Aroclor 1242, Aroclor 1254, Aroclor 1260, determinados en el Cromatógrafo de Gases acoplado a Masas. Elaboración propia. Determinación de la Selectividad / especificidad del Detector ECD (captura de electrones) para los arocloros 1242, 1254 y 1260.

Figura 16. *Corrida con muestra blanco de isooctano*



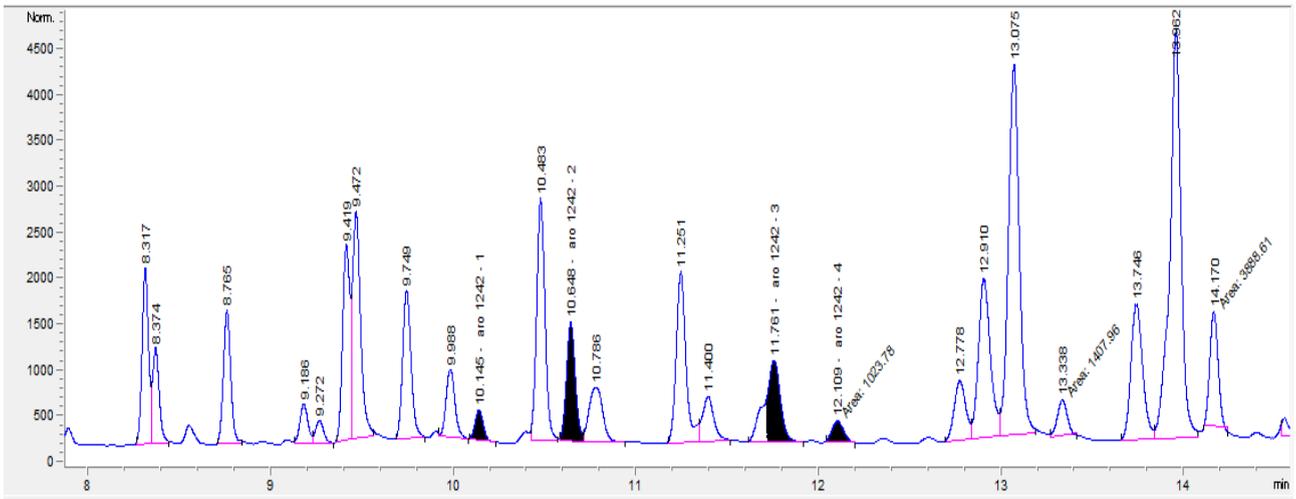
Nota. Elaboración propia

Figura 17. *Corrida con muestra blanco matriz: aceite mineral*



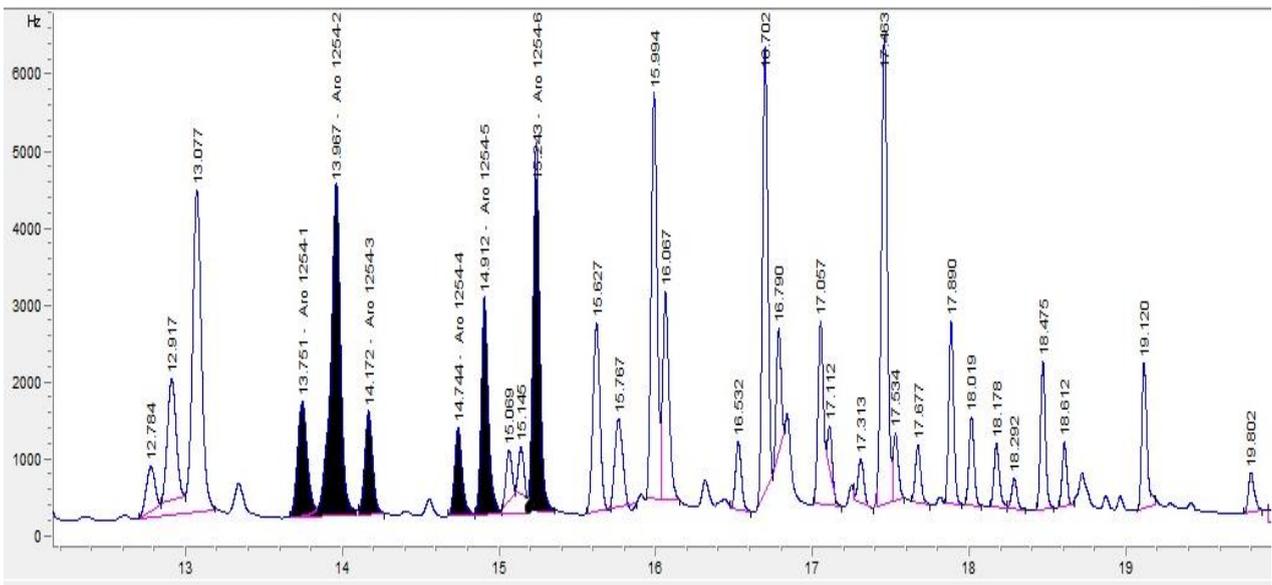
Nota. Elaboración propia

Figura 19. Corrida muestra real de los picos correspondientes a los arocloros 1242



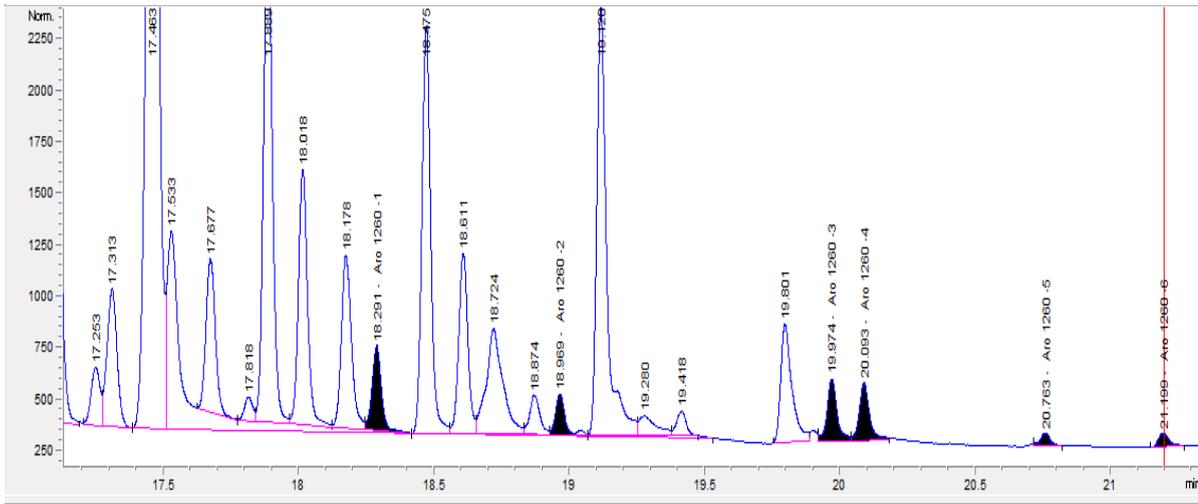
Nota. Autoría propia

Figura 20. Corrida muestra real de los picos correspondientes a los arocloros 1254



Nota. Autoría propia

Figura 21. *Corrida muestra real de los picos correspondientes a los arocloros 1260*



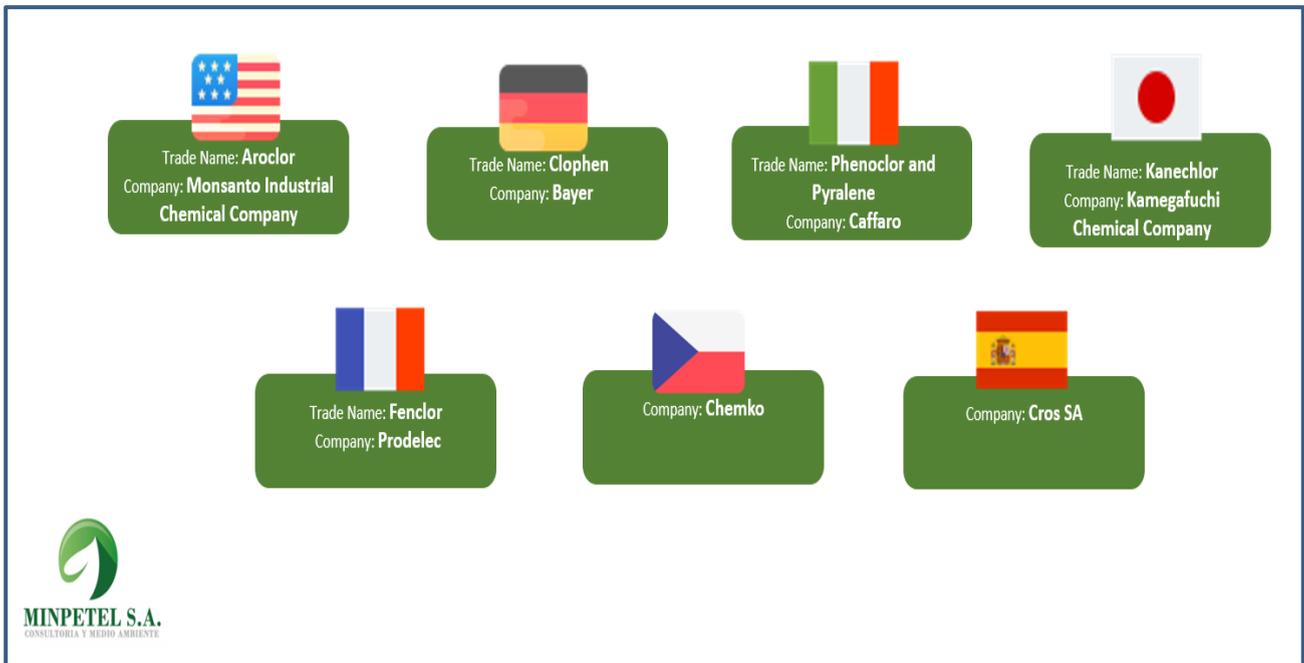
Nota. Autoría propia

2.2 ANÁLISIS COMPARATIVO

En la actualidad en el Perú, gracias a la participación de las Naciones Unidas a través del PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) y la ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial), juntamente con la DIGESA y el MINAM, se ha desarrollado el proyecto “Manejo Y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados”, el cual ha dado como resultados una gama de publicaciones que han servido de asidero para los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

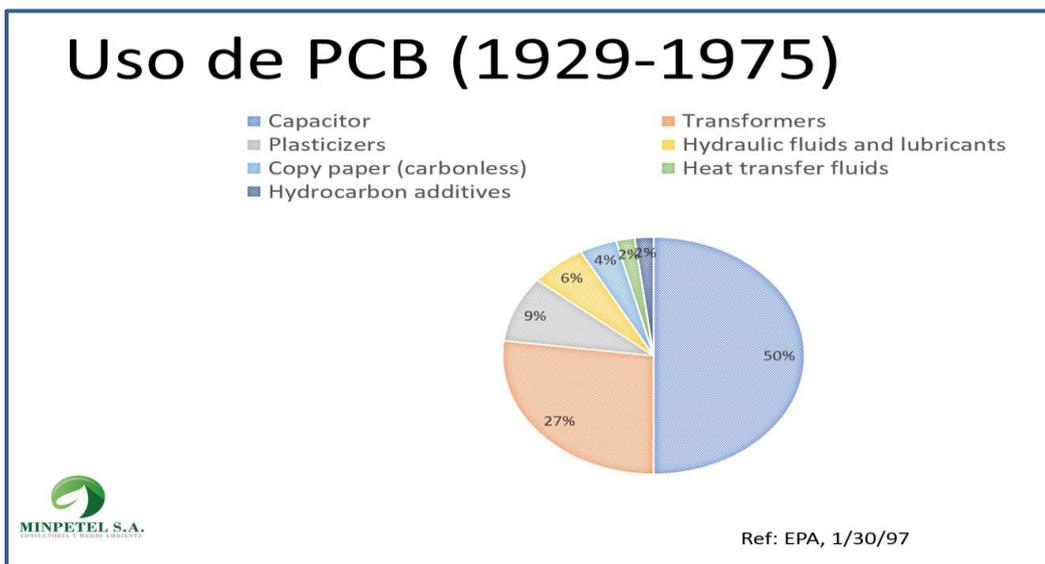
Asimismo, en el Perú hoy por hoy los productos que presentan PCBs se encuentran prohibidos de circular, sin embargo, el retiro de los equipos que presentan estos contaminantes, se realiza de manera gradual, debido a lo costoso de reemplazar o retirar dichos equipos, existiendo el compromiso en el tiempo de que estos equipos sean o bien tratados eliminando sus residuos de contaminantes o dejando obsoletos los mencionados equipos.

Figura 22. Mezclas comerciales de PCB. Fuente MINPETEL S.A., 2021



Nota. Fuente MINPETEL S.A., 2021

Figura 23. Uso de las Mezclas comerciales de PCB en el período 1929-1975.



Nota. Fuente MINPETEL S.A., 2021

En el Perú la determinación de PCBs se implementó en los laboratorios de la Digesa, tanto en matrices de aceite dieléctricos, aguas y aires, los cuales sirvieron como referente para la determinación de estos contaminantes en los diversos laboratorios acreditados que operan en el país.

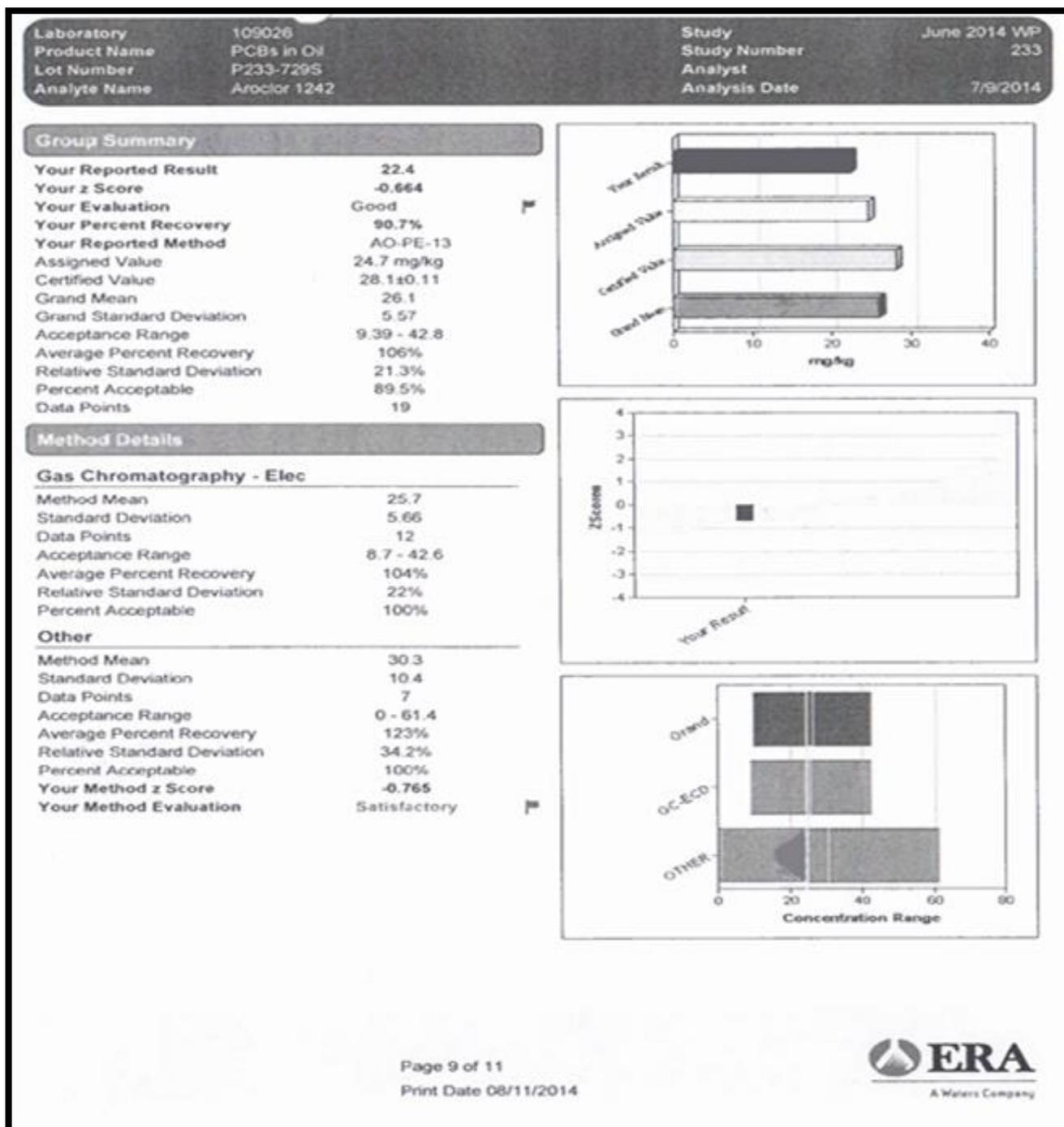
Es así, que dentro de la metodología empleada se considera la utilización de tecnología de punta como Cromatografía de Gases y Cromatografía de Gases Acoplada a un Espectrómetro de Masas, metodología rigurosamente controlada a través de pruebas Inter laboratorios a nivel internacional, obteniendo resultados muy alentadores no teniendo nada que envidiar a otras tecnologías del primer mundo.

Figura 24. Análisis para PCB en aceites dieléctricos Aroclor.

Summary Report						
PCBs in Oil						Lot Number P233-729S
	Reported Value	Acceptance Range	z Score	Method	Evaluation	
Aroclor 1016		< 1.7			Not Reported	
Aroclor 1242	22.4 mg/kg	9.39 - 42.8	-0.664	AO-PE-13	Good	M.L.L.
Aroclor 1254	<1.6 mg/kg	< 1.6		AO-PE-13	Excellent	
Aroclor 1260	<0.7 mg/kg	< 2.4		AO-PE-13	Excellent	

Nota. de Bueno para aroclor 1242, y excelen1254 y 1260. Inter laboratorio ERA, fecha 08/11/2014

Figura 25. Resultados de análisis para PCB en aceites dieléctricos con resultados



Nota. de Bueno para aroclor 1242, y excelen1254 y 1260. Inter laboratorio ERA, fecha 08/11/2014

Tabla 4. Cuadro comparativo de producción de PCBs en el mundo

Compañía	País	Producción de PCBs
Monsanto Industrial Chemical Company	USA/Reino Unido	475.7 / 66.6
Bayer	Alemania	144.9
Caffaro	Italia	26
Kamegafuchi Chemical Company	Japón	59.1
Prodelec	Francia	101.6
Chemko	Checoslovaquia	21.5
Cros SA	España	27.5
TOTAL		923

Nota. 1930 al 1982 (TM), tomada de Ivan Holoubek, Polychlorinated Biphenyl (PCB).

Elaboración propia

En la tabla puede verse con claridad que la mayor producción mundial de PCBs es realizada por la empresa Monsanto Industrial Chemical Company de EE.UU. La cual los utilizó como para la refrigeración de los transformadores, aditivos de lubricación, entre otros. Las investigaciones realizadas por los años 60 arrojaron pruebas de estos tenían propiedades carcinogénicas y generaban alteraciones en el sistema inmunológico, comportándose como excelentes compuestos bioacumulables en el tejido adiposo, así como ser fácilmente expandibles a través de la cadena alimenticia, por lo que aunque se prohibió su fabricación en EEUU, los efectos tóxicos ocasionados se mantenían persistentes en el tiempo, manifestando tasas muy altas de muertes de fetos y nacimientos antes de fecha o prematuros, así como asma infantil en el estado de Luisiana donde se encontraba establecida la planta de la empresa Monsanto Industrial Chemical Company¹³.

¹³ . Brian Tokar, (2002). "Monsanto files." The Ecologista, vol. 28 N.º 5.4ta Edición.p.8.

2.3 ANÁLISIS CRÍTICO

La presente propuesta consiste en fortalecer el manejo adecuado de la gestión de residuos de PCBs, provenientes del sector minero, en específico de minera MILPO unidad ATACOCHA, pudiendo ser aplicable a otros entornos de condiciones parecidas; el procedimiento para la determinación existencias de contaminantes orgánicos en específico PCBs, y como consecuencia la segregación de equipos que contienen aditivos que contienen estos contaminantes, la alternativa de su tratamiento con la finalidad de eliminar el contaminante a través de la decloración y de ese modo recuperar dichos equipos que son considerados obsoletos o fuera de uso, justamente debido a la existencia de estos contaminantes; el costoso estudio realizado por el PNUMA y la DIGESA, no reflejan más que la voluntad de contribuir a la continuidad y la preservación económica de activos expresados en maquinarias de considerable valor económico, así como disponer de pasivos contaminados y producto del tratamiento para su eliminación, para su posterior disposición final.

En la actualidad lo que la presente propuesta busca es esclarecer la gestión y hacerla entendible y amigable al personal técnico, así como el ser una alternativa sencilla para la toma de decisión al momento de considerar la potencial presencia de los contaminantes derivados de PCBs (bifenilos policlorinados), ya que de no tener en consideración su peligrosidad y posible presencia, puede causar daños irreversibles en la salud del individuo tanto que opera en la unidad minera, como de aquellos que pueden verse afectados indirectamente y sin conocimiento de causa a través de la contaminación ambiental.

Por lo que es de suma importancia darle prioridad a la capacitación técnica en el marco de las existencias y residuos de PCBs, fortaleciendo las competencias de los actores involucrados directamente en el tema, brindándoles las herramientas y conocimientos necesarios para identificar, mapear y muestrear las matrices implicadas que tienen que ver con estos contaminantes, así como su manipulación y transporte al Laboratorio para su posterior análisis, a través del tratamiento de la

muestra extraída y su respectivo análisis cromatográfico bajo condiciones controladas a través de estándares de calidad establecidas en la norma ISO/IEC 17025:2017, lo cual asegurará la confiabilidad de los resultados, para una toma de decisión adecuada y correcta para la disposición final, ya sea de recuperación o eliminación de las existencias de residuos de PCBs presentes en los diversos equipos mapeados.

En ese sentido, el éxito de la propuesta consiste en considerar las variables mencionadas y tomarlas como puntos trascendentes que conllevarán a un adecuado fortalecimiento en la Gestión de residuos de PCB en minera MILPO unidad ATACOCHA periodo 2023.

CAPÍTULO III: MARCO REFERENCIAL

3.1. RESEÑA HISTÓRICA DEL SECTOR

La Compañía Minera Atacocha S.A.A., fue formada en el mes de febrero del año 1936, con la finalidad de iniciar actividades que conciernen a la exploración y la explotación de fuentes ricas en minerales, a través de la propiedad o de la concesión, con el objetivo de producir concentrados de plomo, zinc y cobre. La Unidad Minera Atacocha presenta una capacidad de 4,400 tpd a diciembre de 2012, siendo considerada como mediana minería, ubicándose hasta diciembre de 2012 como el quinto productor a nivel local de zinc.

Desde noviembre del 2008 forma parte del Grupo Milpo, es la subsidiaria indirecta poseyendo el 88.19% de las acciones con derecho a voto.¹⁴ De acuerdo a la información publicada en su página web, sus operaciones iniciaron en 1938, llegando a una producción de 9,6 mil toneladas de zinc, 11,2 mil toneladas de plomo, 1,155,0 mil onzas de plata y 13,6 mil onzas de oro. Sin embargo, debido a la coyuntura del COVID-19, la cual afectó al mundo entero, en el 2020 las operaciones en Perú se vieron detenidas en un escenario de incertidumbre económica y de conflictos sociales. Asimismo, de acuerdo a la información presentada en su portal se visualiza la siguiente tabla:

¹⁴ KALLPA SECURITIES. (2013, 30 de diciembre). *Compañía Minera Atacocha S.A.A.*, p.5.

Tabla 5. Producción y costo de subproductos, años 2020, 2021 y 2022.

		2022	2021	2020
mineral tratado	kt	1.354	1.271	1.065
Calificación				
Zinc	%	0,89	0,88	1.2
Cobre	%	–	–	0,05
Dirigir	%	0,97	0,82	1.15
Plata	oz/t	1.05	1.01	1.39
Oro	oz/t	0,01	0,01	0,01
Producción | metal contenido				
Zinc	kt	9.6	8.5	9.6
Cobre	kt	0	0	0
Dirigir	kt	11.2	8.7	10.2
Plata	MMoz	1.2	1	1.2
Oro	onz	13.6	11.9	6.3
Costo en efectivo, neto de créditos por subproductos	US\$/t	(1.566,2)	(557,7)	17.8
Costo en efectivo, neto de créditos por subproductos	US\$/libra	(0,71)	(0,25)	0
CAPEX	millones de dólares	4.5	11.6	15.3

Nota. Tomado de la página web Nexa, inversionista relaciones, <https://ri.nexaresources.com/operations/atacocha/>. Elaboración propia.

3.2. FILOSOFÍA ORGANIZACIONAL UNIDAD MINERA MILPO ATACOCHA

La filosofía empresarial que presenta se fundamenta en su Misión y Visión, que busca posicionarse como una empresa de gran confiabilidad e inteligente con una visión minera en el cobre y zinc, generando valor agregado para todas las personas brindando productos de calidad y cuya producción sea ambientalmente amigable.

Dentro de sus valores se considera la integridad, la colaboración, el coraje, adoptando principios de sostenibilidad, que busca el reconocimiento social y de responsabilidad ambiental, creando valor, y

la estrategias de gestión que conlleven decisiones e inversiones, en base a resultados sólidos socioeconómicos y ambientales, desarrollando la inclusividad y el talento, proporcionándoles bienestar y seguridad, contribuyendo al desarrollo de las comunidades, generando un clima laboral agradable con objetivos de generar valor mutuo en base a la cooperación de todas las partes interesadas tanto internas como externas.¹⁵

3.3. PRODUCTOS Y/O SERVICIOS UNIDAD MINERA MILPO ATACOCHA

Una de las industrias más importantes del Perú en materia de minerales es la unidad minera MILPO ATACOCHA.

Figura 26. Producción minera en producción nacional del 5.5%

PRODUCTO / EMPRESA	MAYO			ENERO-MAYO			
	2022	2023	Var. %	2022	2023	Var. %	Part. %
PLOMO (TMF)	19,347	20,380	5.3%	102,296	102,102	-0.2%	100.0%
NEXA RESOURCES EL PORVENIR S.A.C.	2,079	1,898	-8.7%	9,778	11,087	13.4%	10.9%
COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C.	1,691	2,259	33.6%	9,607	10,974	14.2%	10.7%
VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.	1,845	2,451	32.8%	10,363	10,342	-0.2%	10.1%
COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.	1,406	1,580	12.4%	6,357	7,521	18.3%	7.4%
MINERA BATEAS S.A.C.	1,103	1,412	28.0%	6,449	7,279	12.9%	7.1%
PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A.	920	1,018	10.6%	5,255	6,114	16.3%	6.0%
NEXA RESOURCES PERÚ S.A.A.	1,688	1,092	-35.3%	7,365	5,606	-23.9%	5.5%
NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A.	558	918	64.3%	3,523	5,598	58.9%	5.5%
COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.	1,007	1,055	4.7%	4,814	4,646	-3.5%	4.6%
ALPAYANA S.A.	480	247	-48.6%	3,114	3,953	26.9%	3.9%
OTROS (2022: 33 titulares mineros, 2023: 28 titulares mineros)	6,569	6,451	-1.8%	35,670	28,981	-18.8%	28.4%

Nota. Producción minera en los meses de mayo y enero a mayo del 2022 al 2023 para el plomo en TMF. Boletín Estadístico Minero (BEM) según ESTAMIN Mayo 2023, Edición N.º 05 – 2023

¹⁵. Memoria Anual Nexa Resources Atacocha S.A.A. 2021.p.8.

Figura 27. Producción minera en producción nacional del 23.0%

PRODUCTO / EMPRESA	MAYO			ENERO-MAYO			
	2022	2023	Var. %	2022	2023	Var. %	Part. %
BISMUTO (TMF)	18	23	29.9%	105	124	17.4%	100.0%
NEXA RESOURCES EL PORVENIR S.A.C.	15	13	-13.6%	95	77	-19.0%	62.2%
NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A.	2	6	198.2%	6	29	404.7%	23.0%
CONTONGA MINERIA S.A.C.	-	4	+	-	14	+	11.1%
COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.	0.8	0.9	7.1%	4.0	3.9	-2.5%	3.1%
SOCIEDAD MINERA ANDEREAL S.A.C.	0.1	0.04	-37.5%	0.3	0.7	97.7%	0.6%
AURIFERA SACRAMENTO S.A.	0.03	-	-	0.03	-	-	-
EL PACIFICO DORADO S.A.C.	-	-	-	0.4	-	-	-

Nota. Producción minera en los meses de mayo y enero a mayo del 2022 al 2023 para el bismuto en TMF. Boletín Estadístico Minero (BEM) según ESTAMIN Mayo 2023, Edición N.º 05 – 2023

Figura 28. Inversiones reportadas por los Titulares Mineros al 26 de junio de 2023

Tabla 8							
INVERSIONES MINERAS (US\$)							
	2022	2023	Var. %	2022	2023	Var. %	Part. %
S.M.R.L. SANTA BARBARA DE TRUJILLO	808,331	1,490,000	84.3%	3,446,954	6,869,763	99.3%	0.5%
SOCIEDAD MINERA CORONA S.A.	1,531,659	1,783,239	16.4%	7,957,974	6,683,736	-16.0%	0.4%
CERRO DE PASCO RESOURCES SUBSIDIARIA DEL PERU S.A.C.	8,277,253	1,288,515	-84.4%	35,402,086	6,277,790	-82.3%	0.4%
NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A.	364,593	701,971	92.5%	2,828,928	6,204,810	119.3%	0.4%
EL MOLLE VERDE S.A.C.	529,482	1,384,674	161.5%	3,464,858	5,672,764	63.7%	0.4%
MINERA BATEAS S.A.C.	1,928,738	1,437,289	-25.5%	5,357,481	5,347,045	-0.2%	0.4%
SUMMA GOLD CORPORATION S.A.C.	870,212	2,855,289	228.1%	5,191,319	5,242,661	1.0%	0.3%
COMPAÑÍA MINERA ZAFRANAL S.A.C.	660,822	1,511,696	128.8%	3,408,732	5,008,513	46.9%	0.3%
MINERA SHOUXIN PERU S.A.	4,949,847	3,273,610	-33.9%	24,638,545	4,784,601	-80.6%	0.3%
CATALINA HUANCA SOCIEDAD MINERA S.A.C.	790,927	2,039,457	157.9%	2,759,310	4,288,069	55.4%	0.3%
COMPAÑÍA MINERA CARAVELI S.A.C.	510,877	613,200	20.0%	2,455,681	3,797,565	54.6%	0.3%
TINKA RESOURCES S.A.C.	199,261	827,270	315.2%	1,026,481	3,520,936	243.0%	0.2%
MINERA CORIWAYRA S.A.C.	791,038	751,388	-5.0%	3,821,690	3,485,140	-8.8%	0.2%
MINERA YANAQUIHUA S.A.C.	682,352	334,311	-51.0%	3,437,037	3,315,478	-3.5%	0.2%
OTROS (2022: 238 titulares mineros, 2023: 217 titulares mineros)	19,228,586	15,956,217	-17.0%	82,335,594	65,184,204	-20.8%	4.3%
Total	440,490,615	344,944,144	-21.7%	1,888,394,214	1,515,189,492	-19.8%	100.0%

Nota. la unidad minera Atacocha representa el 0.4% del total de inversiones. Boletín Estadístico Minero (BEM) según ESTAMIN Mayo 2023, Edición N.º 05 – 2023

Figura 29. *Proyectos de exploración minera*

PERÚ: CARTERA DE PROYECTOS DE EXPLORACIÓN MINERA 2023								
ETAPA	PROYECTO	OPERADOR	DEPARTAMENTO	TIPO DE EXPLORACIÓN	PRODUCTO PRINCIPAL	IGA	FECHA DE APROBACIÓN DEL IGA	INVERSIÓN GLOBAL (US\$ MILLONES)
ANTAMAYO	Teck Perú S.A.		Áncash	Greenfield	Cobre	DIA Principal	en evaluación	1.0
ALPAMARCA	Nexa Resources Atacocha S.A.A.		Pasco	Brownfield	Cobre	1ra MDIA	en evaluación	3.6
ATRAVESADO	Candelaria Resources S.A.C.		Arequipa	Greenfield	Cobre	DIA Principal	en evaluación	6.7
AZULMINA	Nexa Resources Perú S.A.A.		Áncash	Greenfield	Zinc	1ra MDIA	en evaluación	6.9
BERENGUELA	Sociedad Minera Berenguela S.A.		Puno	Greenfield	Plata	1era MEIAsd	en evaluación	5.0

Nota. cartera de proyectos de exploración minera, al 2023 la unidad minera Atacocha presenta una inversión global de \$ 3.6 tres y medio millones de dólares. ESTAMIN Mayo 2023, Edición N.º 05 – 2023

En ese sentido, de acuerdo al Ministerio de Energía y Minas del 2017 al 2021, la minería ha aportado al PBI el 16% del total, equivalente a S/. 41 mil millones de soles. Siendo un factor importante la operatividad de los equipos de la Unidad Minera Atacocha, para la continuidad de los productos y servicios que brinda.

Por lo que su producción está dirigida a los concentrados de zinc, cobre y plomo con contenidos de oro y plata. Asimismo, los servicios que brinda para los inversionistas a través de la bolsa de valores de Nueva York.

3.4. Diagnóstico organizacional Unidad Minera Milpo Atacocha

El análisis FODA, ¹⁶ significa el análisis de las fortalezas y las debilidades existentes dentro y fuera de la compañía y se plantean oportunidades y amenazas que deben ser tomadas en cuenta, es una estrategia de bajo costo y genera un aumento en la eficiencia de la operatividad.

Fortalezas: Nexa Resources S.A.A., cuenta con sistemas estandarizados como las ISO 9001, OSHAS 18001 y ISO 14001, libre acceso al mercado nacional e internacional, diversificación de su producción en metales como zinc, cobre, oro, plata, plomo.

Oportunidades: capacidad de negociación con el gobierno, debido a que la minería contribuye significativamente con el PBI nacional; la diversificación de su producción en metales como zinc, cobre, plata oro y plomo; expansión a nivel internacional y buena credibilidad con las comunidades colindantes.

Debilidades: localización de la unidad minera solo en el Perú; operaciones subterráneas al ser de riesgo requieren de operatividad cuidadosa y preventiva.

Amenazas: debido al poco o casi nulo apoyo del gobierno en los conflictos sociales; incertidumbre en la normatividad peruana respecto a los cambios en el mediano plazo; un mercado Chino de alta influencia; alta volatilidad en los precios de los metales los cuales se hacen difíciles de predecir.

¹⁶ Rozas, D., Huatuco, R y Luyo, S. (2018). VALORIZACIÓN DE LA COMPAÑÍA MINERA NEXA RESOURCES PERÚ S.A.A. [Tesis de post grado, Universidad del Pacífico] Lima-Perú

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. PROPUESTA DE MEJORA

4.1.1. Diagnóstico

A finales del 2007, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial conjuntamente con la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria Digesa, el Ministerio de Relaciones Exteriores y el Consejo Nacional del Ambiente, logran realizar el proyecto “Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de PCB”, con la finalidad de formular la forma más adecuada ambientalmente hablando los residuos de PCB; en ese sentido, el enfoque se centró en las industrias cuyos equipos contengan aceites dieléctricos, por lo que se contó con la participación de empresas de diferentes sectores, dentro de las cuales el sector minero tiene presencia relevante.

Así bajo este contexto, logró identificarse 309 equipos con PCB con concentraciones superiores a los 50 ppm. Asimismo, antes de la ejecución de este proyecto en el 2006, organismos del estado conjuntamente con el Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente a través del proyecto GEF/PNUMA N.º 2328-2761-4747, lograron obtener un “inventario Nacional de Bifenilos Policlorados”, con la finalidad de conocer la cantidad de equipos contaminados con estos contaminantes, y como es que se encuentran distribuidos en el país, identificar la fuente de contaminación y conocer la problemática de las empresas fabricantes y de mantenimiento de equipos, tocante a estos contaminantes en el territorio nacional.

Se obtuvo como resultados que, de 109 equipos contaminados con PCB, el 14,7% correspondía al sector minero, llegando a presentar 30,363 kg de aceite contaminado, y de acuerdo a OSINERG en esa oportunidad el total de peso de aceite con PCB era 80, 558 t.

En el 2012 se llevó a cabo el inventario físico de aplicaciones cerradas de PCB, proyecto considerado dentro del proyecto CRBAS-FMAM/PNUMA; “Mejores Prácticas para el Manejo de PCB en el Sector Minero Sudamericano”, en la cual participaron 8 empresas mineras y 21 unidades de producción, participando la compañía minera MILPO S.A.A. con sus unidades mineras Atacocha y El Porvenir.

De un total de 674 muestras analizadas 63 resultaron positivas y 611 negativas. La compañía minera MILPO S.A.A. participó con un total de 109 muestras, de las cuales 18 resultaron positivas y 91 negativas.

También se tomaron muestras de suelos fueron tomadas de las empresas MILPO (unidades Atacocha y El Porvenir), así como Cemento Andino S.A. y Southern Perú Copper Corporation, obteniéndose los siguientes.¹⁷

Tabla 6. Resultados de descarte de PCB en suelos

Nº	Empresa	Unidad	Lugar	Zona	Resultados
1	Milpo	Atacocha	Planta Chicrin	Molinos 3MVA EPLI SAC	Positivo
2	Milpo	Atacocha	SE 3	Nv 3540	Positivo
3	Milpo	Atacocha	SE 2	Nv 3420 Crucero 7946	Positivo
4	Southern Peru Copper Corporation	Toquepala	Almacén PCB	AP -S-1A	Positivo

Nota. Elaboración propia.

En la actualidad, la empresa peruana Nexa Resources Perú S.A.A. (ex Milpo) (BVL: NEXAPEC1) uno de los principales productores polimetálicos económicos basados en zinc en el Perú. Mantiene 3 unidades mineras polimetálicas en operación: Cerro Lindo en Ica, El Porvenir y Atacocha en Cerro de Pasco; la compañía forma parte de Votorantim S.A., la cual tiene presencia en

¹⁷ DIGESA-ONUUDI. (2017). Inventario y Eliminación de Existencias y Residuos con PCB. Edit. Solvima Graf S.A.C.p.13-20.

más de 23 países.

4.2 DISEÑO DE MEJORA

Durante la realización del Proyecto la cual consiste de 3 etapas como se puede ver en la tabla:

Tabla 7. Realización de las etapas del proyecto

Etapas	Acciones previas	instrumento	Objetivo	Resultados	Conclusión
Primera: Inventario de PCB	....	Utilización del Analyzer L2000DX	Realizar el descarte preliminar del contaminante para Aroclor 1242, 1254, 1260	del 37.545% de los descartes positivos, solo se confirmó el 3.9% de los positivos, y el 1.5% de la muestra inicial	Ineficiente
Segunda: Inventario de PCB	número de equipos; capacitación para toma de muestra; utilización de Kit Clor-N-Oil de 50 ppm (colorimetría);	Cromatógrafo de gases con captura de electrones	Realizar el descarte preliminar del contaminante para Aroclor 1242, 1254, 1261 y posterior confirmación	Se realizó el descarte a 2694 muestras	Se obtuvo un segundo inventario complementario
Eliminación ambientalmente racional de PCB	....	...	recuperación de recursos, reciclado, regeneración, reutilización directa u otros usos de las existencias o residuos contaminados con PCB	opciones de eliminación según el costo y tipo de existencia o residuo de PCB	alternativas de disposición de material contaminado, así como de reutilización de aquellos que sean factibles de ser recuperado.

Nota. Elaboración propia.

Como se puede ver en la tabla 7, en el desarrollo del proyecto cuya finalidad es elaborar un inventario de existencias de residuos de PCB, así como la elaboración de buenas prácticas para el manejo adecuado de los mismos, este se encuentra con una serie de falencias que en el camino han tenido que ir sorteándose con la finalidad de lograr los objetivos trazados. Por ello, el proyecto de mejora pretende establecer una metodología que simplifique el procedimiento para lograr un manejo adecuado de los residuos y existencias de PCB aplicable a la Unidad Minera Atacocha, así como a

otras unidades mineras que presenten los mismos problemas con sus existencias de residuos de PCB. Por lo que se propone seguir los siguientes pasos cuya finalidad es facilitar al tomador de decisiones y al personal técnico la gestión adecuada, así como el tratamiento ambientalmente racional de las existencias de los residuos de PCB, potencialmente existentes en sus unidades de operación.

Tabla 8. Propuestas en la realización de las etapas

Etapas	Acciones previas	instrumento	Objetivo	Resultados	Conclusión
Capacitación al personal técnico	Consiste en orientar al personal técnico en la identificación de equipos susceptibles de contaminación, con la finalidad de mapear los posibles equipos contaminados; contar con un registro de proveedores de aditivos que se utilizan en los equipos; decisión para la realización del muestreo.	...	....	...	....
Capacitación en la extracción de las muestras	establecer la metodología adecuada para la extracción de la muestra, tanto del equipo como de muestras ambientales circundantes a la zona	....	....	...	...
Análisis de las muestras	preparación de materiales necesarios para la toma de muestra	Cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas	realizar un barrido de los arocloros 1242, 1254, 1260 para determinar su concentración	determinará la concentración del contaminante con probabilidad del 98-99% del aroclor presente por la alta sensibilidad y selectividad del equipo	decisión para la disposición de la existencia de residuos contaminados de PCB, basado en su concentración

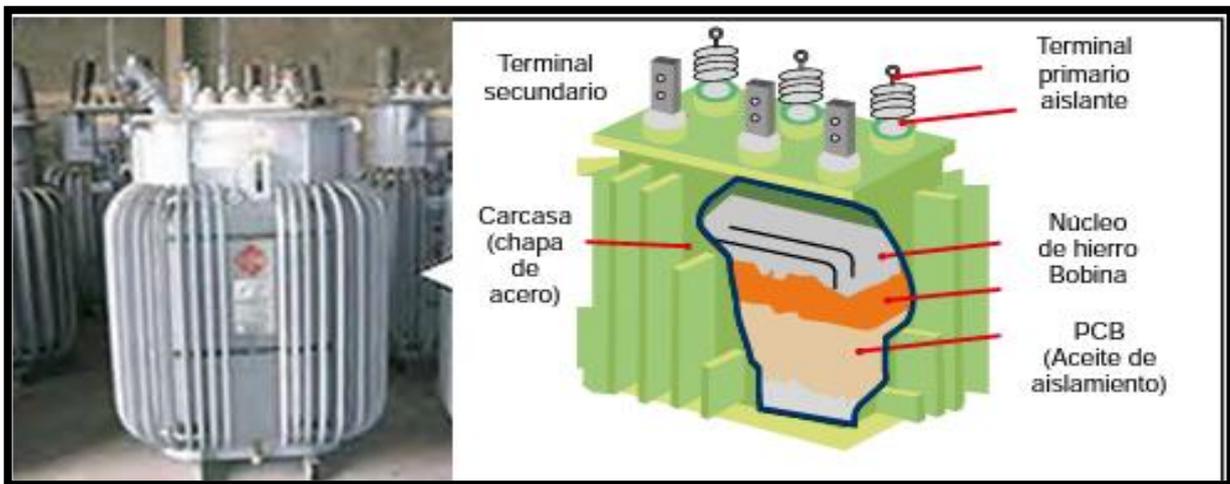
Nota. Elaboración propia

Por lo que, se pasará a detallar el planteamiento de la mejora en el presente trabajo:

Consiste en realizar una etapa de capacitación al personal involucrado en el manejo de los equipos susceptibles de ser contaminados con PCBs, como capacitores, transformadores, condensadores, balastros, y personal logístico, de modo puedan contar con los conocimientos necesarios para identificar los posibles productos que pueden contener estos contaminantes.

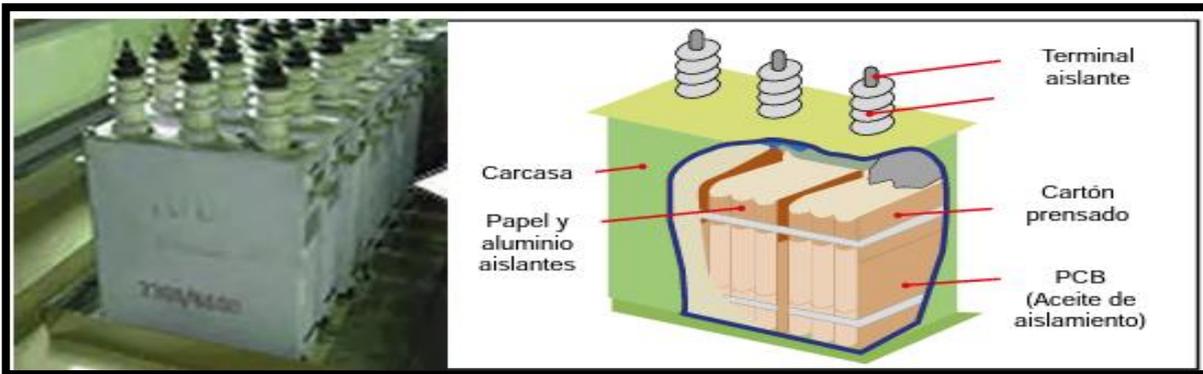
Asimismo, la capacitación también consistirá en mapear equipos que puedan contener contaminantes, de modo se tomen las muestras siguiendo procedimientos estandarizados de toma de muestras para matrices como aceites dieléctricos, agua, aire y suelos, las cuales deberán ser contenidas herméticamente, rotuladas de acuerdo a la matriz, considerando el punto de muestreo, equipo o coordenadas geográficas de la toma de muestra y ser transportadas posteriormente con su respectiva cadena de custodia manteniendo la cadena de frío, al laboratorio para su análisis. Equipos de características presentes en unidades mineras

Figura 30. *Transformadores*



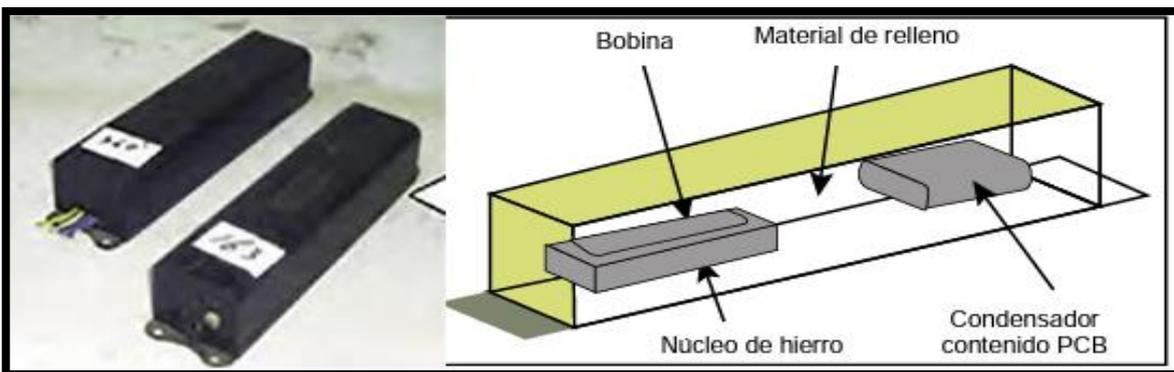
Nota. Elaboración propia

Figura 31. Condensadores



Nota. Elaboración propia

Figura 32. Balastros



Nota. Elaboración propia

Figura 33. Toma de muestra de diferentes matrices y de aceites dieléctricos



Nota. Elaboración propia

Las muestras en el laboratorio, deben ser ingresadas con la información que está en el rotulado y en la cadena de custodia. Se realizará el tratamiento de acuerdo a la metodología DIGESA-AO-PE-13: DETERMINACIÓN DE PCB EN ACEITES DIELECTRICOS.¹⁸

¹⁸ Anexo1. Determinación de PCB en Aceites Dieléctricos con referencia al ASTM D4059-00(2010). numeral 4.3 al 4.4.3.

Una vez realizado el tratamiento de la muestra este debe ser colocado en viales de 1.5 ml y ser colocados en el autosampler del cromatógrafo de gases; en el interior del instrumento la muestra se vaporizará y será transportada a través de una columna capilar por medio del gas Helio (gas portador), los cuales de acuerdo a sus propiedades físicas como peso molecular atravesarán la columna a diferentes velocidades, atravesándola primero las moléculas de menor peso molecular seguidas de las de mayor peso molecular,¹⁹ estos componentes eluidos al salir de la columna harán contacto o chocarán con el detector calefactado, generando una señal electrónica, el cual será registrado y transformado a través de un sistema electrónico en una representación gráfica señal vs tiempo, lo que se conoce como cromatograma.

La muestra debe ser acompañada con sus respectivos controles de calidad que deben haber pasado el mismo tratamiento que la muestra. Una vez obtenido el cromatograma, para su interpretación (numeral 4.5) este debe ser contrastado con el cromatograma patrón de aroclor 1242, 1254, 1260, y en base a su identificación, determinar la presencia de los arocloros presentes en la muestra, así como su concentración; una vez determinada su concentración debe ser comparado con la tabla de opciones para la disposición de PCB, y de acuerdo a su concentración se tomará la decisión si se considerará la recuperación a través de la declorinación, así como la recuperación de los equipos basados en el lavado del equipo y la sustitución del aceite pero ya sin contenido de PCB o si la concentración de la muestra de aceite es superior a los 5000 ppm, entonces disponer su eliminación por incineración.²⁰

Se debe considerar que en esta propuesta no se ha tenido en cuenta la utilización del equipo Analyzer L2000DX, debido a que su utilización conllevó a que se reformulara el proyecto inicial por su gran margen de error.

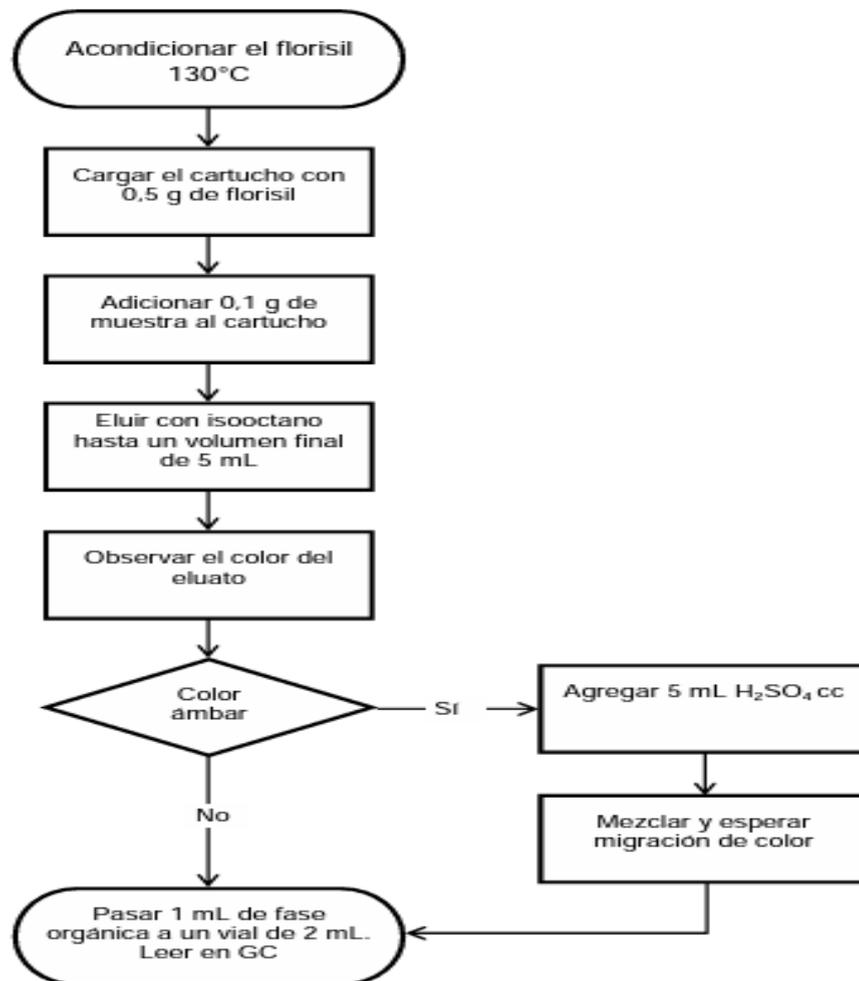
¹⁹ Anexo 5. congéneres de PCB 48 determinados en el Laboratorio de control ambiental de la Digesa por espectrometría de masas

²⁰ Ibit. numeral 4.6.1

4.4. TÉCNICAS INSTRUMENTALES EMPLEADAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PCB

Una vez obtenida la muestra (tomada en frasco oscuro de 50 mL), este es llevado al Laboratorio con la finalidad de desarrollar su análisis a través de la metodología DIGESA-AO-PE-13: DETERMINACIÓN DE PCB EN ACEITES DIELECTRICOS.²¹ Para una mejor comprensión se presenta el diagrama de flujo del método.

Figura 34. Tratamiento de la muestra.



Nota. Tomado de DIGESA-AO-PE-13 PCB en Aceites Dieléctricos V02 Rev 01

²¹ Anexo1. Determinación de PCB en Aceites Dieléctricos con referencia al ASTM D4059-00(2010).

4.5. TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

Entonces la muestra una vez que llega al Laboratorio, es identificada, luego de la misma se realiza el pesado de 0,1 g de aceite aislante en un cartucho con 0,5 g de florisil previamente acondicionado (130 °C por toda la noche), luego es eluído con 5 mL de isooctano, de la fracción resultante se inyecta 1 µL al cromatógrafo de gases, los componentes se separan a medida que pasan a través de la columna capilar arrastrados por el gas portador (helio), la presencia de los PCBs se mide por un ECD, el cual se registra como un cromatograma.

Las lecturas del cromatograma de la muestra ensayada se realizan comparando con un cromatograma estándar de unos de los arocloros (1242, 1254, y 1260), de valor conocido, tratado en las mismas condiciones analíticas.

Figura 35. *Pesado de florisil*



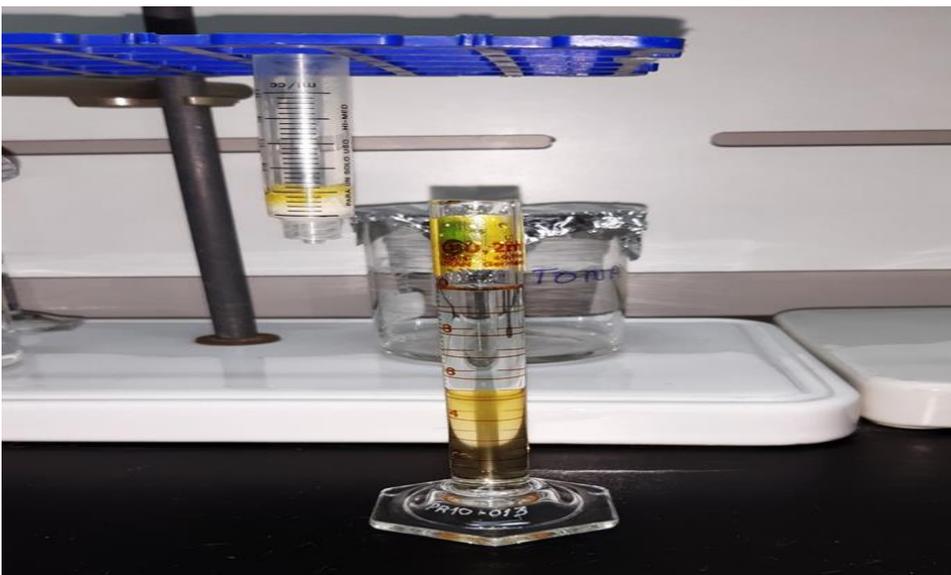
Nota. preparados de 5 mL (jeringas). Elaboración propia

Figura 36. *Muestra siendo tratada en el sistema de elución*



Nota. Elaboración propia

Figura 37. *Eluato obtenido.*



Nota. Conteniendo la muestra el cual posteriormente será concentrado para ser cargado en viales de 1.5 mL. Elaboración propia

Figura 38. *Cargado de los viales conteniendo los Eluatos*



Nota. Extractos de las muestras en el Autosampler del cromatógrafo. Elaboración propia.

Figura 39. *Encargados de la determinación de PCB*



Nota Profesionales del laboratorio Qco. Roberto Martínez, Tco. Qco. Raul Laura. Elaboración propia

4.5.1. Dentro del equipamiento necesario tenemos:

- Sistema de Cromatografía de Gases acoplado a espectrómetro de masas²² con Columna capilar (HP-5MS, 5 % fenil – polimetilxiloxano) 30 m x 0,25 mm ID x 0,25 µm de película.
- Balanza analítica con precisión de 0,1 mg.

4.5.2. Materiales de laboratorio:

- Pipeta Pasteur de 145 mm a más.
- Probetas de 10 mL graduadas.
- Tetinas de goma.
- Dispensador para solventes.
- Micropipetas de 20 – 200 µL.
- Cartucho de extracción de fase sólida (jeringa de polietileno de 5 mL).

4.5.3. Reactivos y soluciones patrones:

- Florisil grado GC, malla 60/100.
- Isoctano grado GC o grado analítico exento de interferencias de compuestos clorados bajo las condiciones de análisis.
- Acetona P.A. (para lavado de material).
- Ácido sulfúrico grado P.A.
- Soluciones estándares de Arocloros (1242, 1254 y 1260) disueltos en aceite
- dieléctrico con concentraciones finales de 50 µg/g y 500 µg/g.
- Aceite mineral libre de PCB´s.

²² Anexo 2. CROMATOGRFO DE GASES-MS modelo 7890A, marca AGILENT TECHNOLOGIES, serie CN10810144

4.6. INTERPRETACIÓN DE CROMATOGRAMA.

Una vez obtenidos los cromatogramas estos deben interpretarse basándose en la identificación de los picos y del perfil cromatográfico en su conjunto.

4.6.1. Cálculos:

Figura 40. Cálculo de la concentración de PCB

Método estándar externo:

$$A_m = C_{ml}(\mu\text{g} / \text{mL}) \times b + a \dots\dots\dots \text{Ec. 1}$$

Despejando:

$$C_{ml}(\mu\text{g} / \text{mL}) = \frac{A_m - a}{b} \dots\dots\dots \text{Ec. 2}$$
$$C_m(\mu\text{g} / \text{g}) = \frac{C_{ml}(\mu\text{g} / \text{mL}) \times V(\text{mL})}{W(\text{g})} \dots\dots\dots \text{Ec. 3}$$

A_m	=	Área de la muestra (suma de los pico elegidos del aroclor)
C_{ml}	=	Concentración de la muestra en solvente (Isoctano).
V	=	Volumen de elución del patrón de aroclor en mL
W	=	Peso de muestra en g
C_m	=	Concentración de muestra en $\mu\text{g}/\text{g}$
b	=	Pendiente de la curva patrón.
a	=	Intercepto de la curva patrón

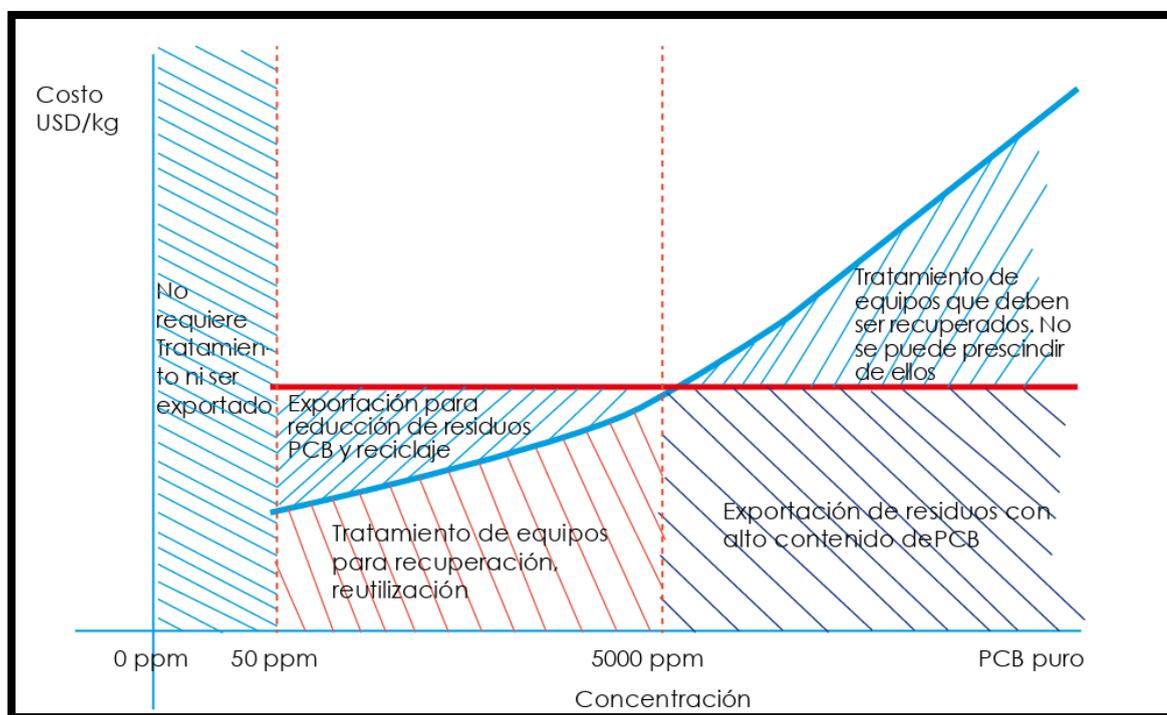
Nota. Tomado de DIGESA-AO-PE-13 PCB en Aceites dieléctricos V02 Rev 01

El resultado será expresado con 2 decimales para concentraciones $<10 \mu\text{g}/\text{g}$, con 1 decimal para concentraciones $\leq 200 \mu\text{g}/\text{g}$ y 0 decimales para concentraciones $<5000 \mu\text{g}$.

4.7. MECANISMO DE CONTROL

Tabla de opciones para la toma de decisión: La información proporcionada por la determinación de la concentración de los arocloros presentes en la muestra, permitirá considerar la decisión a tomar para la disposición de las existencias de residuos contaminados con PCBs.

Figura 41. Disposición de PCB en función al costo y la concentración del contaminante



Nota. Opciones para la disposición de PCB en función al costo y la concentración del contaminante. Tomado de la “Guía para el manejo ambientalmente racional de existencias y residuos de bifenilos policlorados”

Se entiende por eliminación ambientalmente racional a los procesos o técnicas que conllevan a la recuperación, reciclado, reuso u otro de las existencias contaminadas cuya finalidad conlleve a la reducción de riesgos ambientales y humanos, considerándose dos procesos:

- Eliminación de existencias de residuos con recuperación
- Eliminación de existencias de residuos sin recuperación

Vamos a desarrollar cada una de ellas a fin de facilitar la comprensión en el procedimiento.

4.7.1. Eliminación de existencias de residuos con recuperación

Puede realizarse a través de:

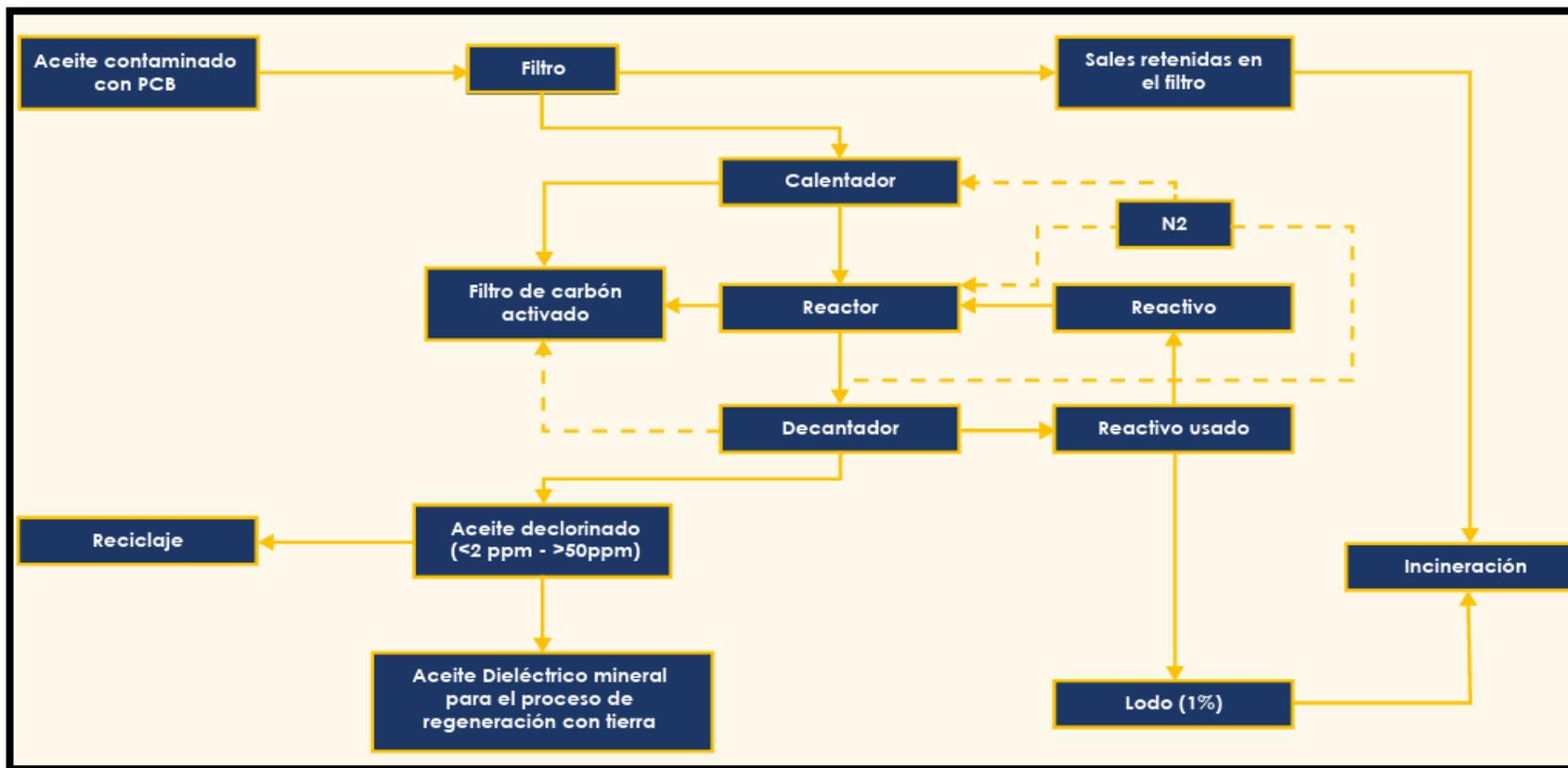
- De concentraciones inferiores de 50 a 5000 ppm, se debe optar por la recuperación.
- Optar por reciclar, a fin de reducir el volumen mínimo de residuos con PCB, (considerarlo cuando el contaminante no es PCB puro).
- Si es posible realizar el tratamiento de eliminación de residuos en el lugar de la planta, con la finalidad de no realizar el transporte de los residuos con PCB.

Una vez elegida la opción para la eliminación, pueden aplicarse el procedimiento que más se ajuste, tenemos:

- Retro llenado a fin de descontaminar los transformadores; el proceso busca el reemplazo del aceite contaminado con uno libre de PCB, a fin de reducir y extraer mediante lixiviación los residuos de PCB adheridos a la máquina, eliminando el aceite extraído.
- Dentro de los pasos a seguir primero se debe vaciar el aceite contaminado y luego rellenar el equipo con aceite libre de PCB.
- Antes de realizar el retro llenado el equipo debe haberse colocado al equipo fuera de operatividad y considerar lo siguiente:
 - Contar con equipos de protección personal

- Realizar un check list de las condiciones del equipo, así como de las herramientas para realizar el trabajo.
 - Identificación de los equipos que van a ser sometidos al proceso.
 - Vaciado del aceite contaminado
 - Rellenado del equipo con aceite libre de PCB (pueden utilizarse bombas, mangueras, solo para operaciones en presencia de PCB, si en caso no se contara con estos implementos podrá emplearse la gravedad para el vaciado).
 - Las herramientas a utilizar deben luego ser limpiadas con disolventes y estos ser considerados como residuos de PCB.
 - Al realizar el relleno de los equipos con aceite libre de PCB, se deberán utilizar herramientas y equipos que no se encuentren contaminados, a los 90 días retirar este aceite y considerarlo como un residuo de PCB.
-
- Decloración química utilizando hidróxido de sodio, hidróxido de potasio y un dispersante, el fundamento de la decloración es revertir la cloración de las moléculas del bifenilo, para ello se utiliza el Polietilen Glycol 400 e Hidróxido de potasio, utilizándose un reactor a 140 a 160 °C, utilizando un filtro de carbón activado para la adsorción de dióxido de carbono resultante, esta técnica de decloración puede llegar a concentraciones de PCB de hasta 2 ppm.
 - Eliminación de existencias de residuos sin recuperación, puede realizarse a través de: la incineración, la cual alcanza un porcentaje de descontaminación equivalente al 99,99%, a una temperatura de 1200 °C, y puede utilizarse para líquidos como para sólidos.

Figura 42. Diagrama del proceso de declorinación



Fuente: Inventario y Eliminación de Existencias y Residuos con PC

CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Recomendaciones:

- El laboratorio que realice los análisis debe mantener los criterios y estándares establecidos en la ISO/IEC 17025:2017, el cual, de no encontrarse acreditado, puede considerar las pruebas Inter laboratorios que le darán la validez y garantía necesarias de que los resultados emitidos serán fiables y por lo tanto, puedan tomarse decisiones confiados en la certeza de los resultados.
- La Alta Dirección debe ser consciente de la importancia e implicancias que conlleva la presencia de estos contaminantes en sus equipos, por lo cual, la consideración dentro del mantenimiento preventivo debe establecerse como procedimiento de rutina y ser incluido en su programa de mantenimiento preventivo anual.
- El monitoreo ambiental de las áreas circundantes a la unidad minera, garantizará y dará confianza a la población de que las operaciones llevadas a cabo por la planta son eco-amigables y responsables con el medio ambiente.

Sugerencias:

- Estandarizar en la unidad minera un procedimiento de identificación de equipos con riesgo de contaminación, esto facilitará su control y trazabilidad en el tiempo.
- La metodología empleada en la toma de muestra debe estar plasmada en un diagrama de flujo sencillo de entender, en la que se considere todo lo necesario para su realización.
- Debe evaluarse el costo beneficio de implementar esta metodología en el Laboratorio de la unidad minera, ya que garantizaría el control continuo de los contaminantes productos de las operaciones de los equipos. Por lo que se sugiere que se implemente la metodología para aires,

agua y suelos.

- La alta dirección debe tener conocimiento del costo beneficio de la implementación de esta propuesta de mejora, ya que los resultados son concluyentes en su efectividad para el manejo adecuado de las existencias de residuos contaminados con PCB.

CONCLUSIONES

La contaminación de los equipos que operan en la unidad minera puede ser fácilmente controlada si se lleva un adecuado manejo en su mantenimiento y conocimiento de los aditivos que se utilizan para su operación, los cuales en coordinación con logística pueden ser obtenidos guardando la confiabilidad del producto.

La metodología empleada en la determinación de la concentración del contaminante arroja resultados con un grado de confiabilidad del 98 al 99%, lo cual garantiza que la decisión que se tome considerando el costo beneficio sea la más adecuada y certera.

Las posibilidades que se presentan en la presente propuesta de mejora para el manejo adecuado y disposición final de las existencias de residuos de PCB, limitan la disposición a solo dos consideraciones, la primera es si la eliminación de existencias de residuos será con recuperación, o si la eliminación de existencias de residuos sin recuperación.

BIBLIOGRAFÍA

- Brian Tokar, (2002). “Monsanto files.” The Ecologista, vol. 28 N.º 5.4ta Edición.p.8.
- DIGESA-ONUUDI. (2017). Monitoreo y Análisis de Bifenilos Policlorados en el aire en ciudades priorizados del Perú. Edit. Solvima Graf S.A.C.
- DIGESA-ONUUDI. (2017). Guía para el manejo ambientalmente racional de existencias y residuos de bifenilos policlorados (PBC). Edit. Solvima Graf S.A.C.
- DIGESA-ONUUDI. (2017). Muestreo y análisis de bifenilos policlorados en agua en ciudades priorizadas del Perú, Edit. Solvima Graf S.A.C
- DIGESA-ONUUDI. (2017). Inventario y Eliminación de Existencias y Residuos con PCB. Edit. Solvima Graf S.A.C.
- DIGESA-ONUUDI. (2017). Fortaleciendo Capacidades para la Gestión y Manejo de Bifenilos Policlorados (PCB). Edit. Solvima Graf S.A.C.
- Hernández, R. (2014). Metodología de la investigación. Edit. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. 6ta edición.
- KALLPA SECURITIES. (2013, 30 de diciembre). Compañía Minera Atacocha S.A.A.
- MINEM. (2023, 12c de julio). Inversión minera superó los US\$ 345 millones en mayo y es la cifra más alta en lo que va de 2023. Gob.pe.
- MINAM. (2016). Procedimiento de Manejo de PCB durante el mantenimiento de equipos. Agencia MAS IDEAS S.A.C.1er Edición.
- Mendoza, M. (2013). Estrategia para la gestión Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados (PBC) en el Perú, consideraciones ambientales y tecnológicas. [Tesis de pre grado, Pontificia Universidad Católica del Perú] Lima-Perú.

- RESOLUCIÓN MINISTERIAL N.º 490-2016-MINSA (2016, 13 de julio). Plataforma digital única del Estado Peruano.
- Rozas, D., Huatuco, R y Luyo, S. (2018). VALORIZACIÓN DE LA COMPAÑÍA MINERA NEXA RESOURCES PERÚ S.A.A. [Tesis de post grado, Universidad del Pacífico] Lima-Perú.
- Vivas. Meneses, C. (2009). Incremento de la altura de corte, en función a un estudio geomecánico para optimizar la producción del stope 097 en la zona de santa bárbara, sección 02 en el NV 3420 en la compañía minera Atacocha- unidad Atacocha-grupo Milpo [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú.] Huancayo-Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Determinación de PCB en Aceites Dieléctricos con referencia al ASTM D4059-00(2010)

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL DIGESA - MINSA	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE PCB EN ACEITES DIELECTRICOS (VALIDADO) CON REFERENCIA AL ASTM D4059-00(2010)	Código: DIGESA-AO-PE-13 Revisión: 00 Fecha : 2015-05-07 Página : 1 de 10
---	--	---

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DE PCB EN ACEITES DIELECTRICOS (VALIDADO) CON REFERENCIA AL ASTM D4059-00(2010)

Versión: 02

HISTORIAL DE REVISIONES			
N° REVISIÓN	FECHA	SECCIÓN	MODIFICACIÓN EFECTUADA

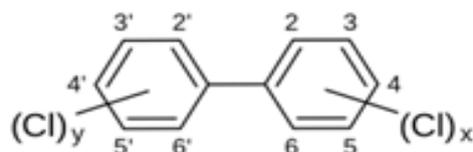
ELABORADO Y REVISADO POR: * <ul style="list-style-type: none">• Roberto Martinez• Sixto Guevara• Janusz Ruiz	APROBADO POR: * Elena Gil Merino Jefe Laboratorio DIGESA
---	---

*Firmas en original

Cualquier copia impresa diferente del original y cualquier archivo electrónico de este documento que se encuentre fuera de la Red DIG-LAB de la DIGESA son considerados como COPIAS NO CONTROLADAS.

PCB: Del inglés, polychlorinated biphenyls (bifenilos policlorados) son una serie de compuestos organoclorados que constituyen una familia de 209 congéneres, los cuales se forman mediante la cloración de las 10 diferentes posiciones del bifenilo, por lo que poseen una estructura química orgánica similar y se presentan en una variedad de formas que va desde líquidos grasos hasta sólidos cerosos.

Estructura química general de los bifenilos policlorados.



Tiempo de Retención: Es el tiempo medido entre la inyección y la elución de la concentración máxima del soluto enésimo (máxima señal). La distancia entre este máximo de la señal y la línea de base es la altura del pico en cuestión.

V. RESUMEN

Se pesa 0,1 g de aceite aislante en un cartucho con 0,5 g de florisil previamente acondicionado (130 °C por toda la noche), luego se eluye con 5 mL de isooctano, de la fracción resultante se inyecta 1 µL al cromatógrafo de gases, los componentes se separan a medida que pasan a través de la columna capilar arrastrados por el gas portador (helio), la presencia de los PCBs se mide por un ECD, el cual se registra como un cromatograma.

Las lecturas del cromatograma de la muestra ensayada se realizan comparando con un cromatograma estándar de unos de los arocloros (1242, 1254, y 1260), de valor conocido, tratado en las mismas condiciones analíticas

VI. DESARROLLO

6.1 Equipamiento, materiales y reactivos

6.1.1 Sistema de Cromatografía de Gases, el cual consiste en los siguientes elementos:

- Inyector "split/splitless"
- Detector de captura de electrones.
- Columna capilar (HP-5MS, 5 % fenil – polimetilxiloxano) 30 m x 0,25 mm ID x 0,25 µm de película.
- Línea de gas portador (helio UHP) provista de tres purificadores especiales para la eliminación consecutiva de trazas de humedad, oxígeno y compuestos orgánicos en el gas portador,
- Sistema de gas auxiliar nitrógeno UHP, para el detector.
- Sistema informático para manejar, registrar y calcular los parámetros y datos cromatográficos.

Cualquier copia impresa diferente del original y cualquier archivo electrónico de este documento que se encuentre fuera de la Red DIG-LAB de la DIGESA son considerados como COPIAS NO CONTROLADAS.

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL DIGESA - MINSA	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE PCB EN ACEITES DIELECTRICOS (VALIDADO) CON REFERENCIA AL ASTM D4059-00(2010)	Código: DIGESA-AO-PE-13 Revisión: 00 Fecha : 2015-05-07 Página : 2 de 10
---	--	---

I. OBJETIVO:

Determinar los PCBs o BPC como Arocloros 1242, 1254 y 1260 en muestras de aceites dieléctricos o líquidos aislantes.

II. ALCANCE:

Este método describe la determinación cuantitativa de la concentración de bifenilos policlorados (BPC o PCB) como arocloros 1242, 1254 y 1260 o la suma de éstos en líquidos aislantes por cromatografía gaseosa.

El límite de detección del método para Aroclor 1242 = 0,35 µg/g; Aroclor 1254 = 0,15 µg/g y Aroclor 1260 = 0,28 µg/g.

El límite de cuantificación del método para Aroclor 1242 = 1,06 µg/g; Aroclor 1254 = 0,44 µg/g y Aroclor 1260 = 0,85 µg/g.

El rango de trabajo para Aroclor 1242 es de 1,06 µg/g a 5000 µg/g, para Aroclor 1254 es de 0,44 µg/g a 5000 µg/g y para Aroclor 1260 es de 0,85 µg/g a 5000 µg/g.

El alcance máximo de concentración de cada aroclor es de 5000 µg/g.

La dilución máxima debe ser 25X.

Esta técnica puede ser no aplicable a la determinación de PCB totales o con distinto perfil a los tres arocloros antes mencionados

La precisión y el sesgo de este método de ensayo han sido establecidos sólo para concentraciones de PCBs en aceite mineral o aceite dieléctrico. El uso de este método no ha sido demostrado para fluidos distintos a los aceites dieléctricos, como algunos hidrocarburos halogenados que en su composición pueden interferir con la detección de los PCBs.

III. DOCUMENTOS RELACIONADOS:

- AC-PS-17. Procedimiento de aseguramiento de calidad de resultados físico-químicos.
- AO-IT-01. Instructivo de preparación de estándares.
- Informe de Validación 01 – 2015
- AC-PL-04. Plan de aseguramiento de calidad de resultados
- F04-AC-IT-02. Registro de temperatura de secado y análisis
- AO-IT-04. Uso y verificación del espectrómetro-cromatógrafo de gases

IV. DEFINICIONES

Aceites Dieléctricos: Aceite capaz de resistir un gradiente de potencial eléctrico, lo que le confiere propiedades aislantes. El aceite dieléctrico tiene una constante dieléctrica constante. Cuando un aceite tiene impurezas, como el agua, la constante dieléctrica fluctúa debido a la interferencia de los electrones de los contaminantes, que son libres para moverse y crear una corriente. El aceite dieléctrico es empleado en equipamiento eléctrico.

Cualquier copia impresa diferente del original y cualquier archivo electrónico de este documento que se encuentre fuera de la Red DIG-LAB de la DIGESA son considerados como COPIAS NO CONTROLADAS.

- Alineador (liner) de vidrio desactivado, tipo splittles.
- Septum con diámetro de 11 mm.
- Anillo de silicona para el alineador.
- Lana de vidrio o algodón.
- Conector de columna, para interface de las masas.
- Trampa química o filtro de contaminantes del venteo.
- Jeringa de inyección 10 µL para cromatografía de gases.

6.1.2 Balanza analítica con precisión de 0,1 mg.

6.1.3 Materiales de laboratorio

- Pipeta Pasteur de 145 mm a más.
- Probetas de 10 mL graduadas.
- Tetinas de goma.
- Dispensador para solventes.
- Micropipetas de 20 – 200 µL.
- Cartucho de extracción de fase sólida (jeringa de polietileno de 5 mL).

6.1.4 Reactivos y soluciones patrones

- Florisil grado GC, malla 60/100.
- Isoctano grado GC o grado analítico exento de interferencias de compuestos clorados bajo las condiciones de análisis.
- Acetona P.A. (para lavado de material).
- Ácido sulfúrico grado P.A.
- Soluciones estándares de Arocloros (1242, 1254 y 1260) disueltos en aceite dieléctrico con concentraciones finales de 50 µg/g y 500 µg/g.
- Aceite mineral libre de PCB's.

6.2 Precauciones

6.2.1 Se requieren mandil, guantes de nitrilo, máscara para solventes orgánicos y

Cualquier copia impresa diferente del original y cualquier archivo electrónico de este documento que se encuentre fuera de la Red DIG-LAB de la DIGESA son considerados como COPIAS NO CONTROLADAS.

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL DIGESA - MINSA	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE PCB EN ACEITES DIELECTRICOS (VALIDADO) CON REFERENCIA AL ASTM D4059-00(2010)	Código: DIGESA-AO-PE-13 Revisión: 00 Fecha : 2015-05-07 Página : 5 de 10
---	--	---

anteojos de protección.

6.2.2 Campana extractora de solventes orgánicos.

6.2.3 Antes de iniciar algún mantenimiento de GC:

- Para cambiar el inserto septum o en el caso de instalar/desconectar la columna, apagar el inyector, detector y el horno, esperar que enfrién para evitar quemaduras.
- Al cortar la columna capilar se debe emplear lentes de protección para evitar lesiones por posibles partículas emitidas.

6.3 Parámetros instrumentales

Operar el instrumento según el instructivo AO-IT-04 Uso y verificación del Espectrometro-Cromatografo de gases.

6.4 Preparación de materiales

6.4.1 Preparación del cartucho:

Colocar en la base de la jeringa una capa de algodón medicinal de 5 mm de espesor.

6.4.2 Activación del florisil:

Colocar en una cápsula de porcelana una porción de florisil y llevar a la estufa a una temperatura de 130 °C durante toda la noche, luego enfriar en un desecador y usar inmediatamente. Si no se usa dentro de las 6 horas se vuelve a la estufa.

6.5 Tratamiento de muestra (ver. Anexo 1) y controles

6.5.1 Cargar los cartuchos con 0,5 g de florisil recientemente activado.

6.5.2 Adicionar 0,1g de muestra de aceite dieléctrico para su purificación.

6.5.3 Colocar el cartucho con la muestra en un sistema de extracción y eluir con 5 mL de Isooctano en probeta de 10 mL con graduación a 5 mL.

6.5.4 Si el eluato es de color ámbar u oscuro efectuar una limpieza agregando 5 mL de ácido sulfúrico concentrado y mezclar cuidadosamente ambas capas con la ayuda de una pipeta Pasteur hasta que el color de la fase orgánica pase a la fase ácida.

6.5.5 Para ambos casos, se trasvasa inmediatamente una alícuota de la fase orgánica a un vial de 1,5 - 2 mL para su posterior análisis en el cromatógrafo.

6.5.6 Si entre el proceso de elución y análisis va haber más de dos días el vial debe guardarse a una temperatura de 4°C +/- 2°C. La muestra debe analizarse al tercer día del tratamiento, como máximo.

6.5.7 Seguir los pasos 6.4.1 al 6.5.6 para los controles de calidad aplicados al procedimiento.

6.6 Preparación de la curva de calibración

Ver Instructivo de preparación de estándares AO-IT-01.

Cualquier copia impresa diferente del original y cualquier archivo electrónico de este documento que se encuentre fuera de la Red DIG-LAB de la DIGESA son considerados como COPIAS NO CONTROLADAS.

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL DIGESA - MINSA	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE PCB EN ACEITES DIELECTRICOS (VALIDADO) CON REFERENCIA AL ASTM D4059-00(2010)	Código: DIGESA-AO-PE-13 Revisión: 00 Fecha : 2015-05-07 Página : 6 de 10
--	--	---

Cada punto de calibración seguirá el mismo tratamiento de las muestras de aceite dieléctrico.

6.7 Verificaciones intermedias de los materiales de referencia (patrón de trabajo)

El patrón o material de referencia de trabajo se verificará con un material de diferente lote o marca al empleado en la curva mensual. (F02-AO-PE-13).

6.8 Interpretación de cromatogramas.

La evaluación de los arocloros se basará en la identificación de los picos y del perfil cromatográfico en su conjunto.

En el anexo 02 se muestran los perfiles característicos de los arocloros (1242, 1254 y 1260) y en el anexo 03 se muestran los tiempos de retención.

6.9 Cálculos

Método estándar externo:

$$A_m = C_m (\mu g / mL) \times b + a \dots\dots\dots Ec.1$$

Despejando:

$$C_m (\mu g / mL) = \frac{A_m - a}{b} \dots\dots\dots Ec. 2$$

$$C_m (\mu g / g) = \frac{C_m (\mu g / mL) \times V(mL)}{W(g)} \dots\dots\dots Ec 3$$

- A_m* = Área de la muestra (suma de los pico elegidos del aroclor)
- C_m* = Concentración de la muestra en solvente (Isoctano).
- V* = Volumen de elución del patrón de aroclor en mL
- W* = Peso de muestra en g
- C_m* = Concentración de muestra en µg/g
- b* = Pendiente de la curva patrón.
- a* = Intercepto de la curva patrón

Nota. Los datos del tratamiento de la muestra, datos para el software, fecha de inyección de la muestra (fecha de análisis) se registran en el formato F05-AO-PE-13.

6.10 Manejo de datos

Concluida la interpretación del cromatograma se guardará en formato PDF en la carpeta de la red que corresponda.

Los resultados del cromatograma se registran en el formato electrónico F03-AO-PE-13.

Cualquier copia impresa diferente del original y cualquier archivo electrónico de este documento que se encuentre fuera de la Red DIG-LAB de la DIGESA son considerados como COPIAS NO CONTROLADAS.

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL DIGESA - MINSA	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE PCB EN ACEITES DIELECTRICOS (VALIDADO) CON REFERENCIA AL ASTM D4059-00(2010)	Código: DIGESA-AO-PE-13 Revisión: 00 Fecha : 2015-05-07 Página : 7 de 10
---	--	---

6.11 Disposición de muestras y extracto

- Las muestras ensayadas se entregarán al personal del área de recepción de muestras sede Camacho.
- El eluato residual (aprox. 3-4 mL) son vertidos en frascos ámbar y los viales con los extractos sobrantes del análisis cromatográfico son almacenados en cajas. El resto de material empleado (cartuchos, pipetas Pasteur, etc.) son colocados en una bolsa negra. Todo este material es etiquetado como RESIDUO PELIGROSO y se entrega al responsable del almacén de residuos.

VII. FORMATOS / REGISTROS

- 7.1 F02-AO-PE-13 Registro de preparación de controles y estándares.
- 7.2 F03-AO-PE-13 Formato de reporte de ensayo de PCB
- 7.3 F05-AO-PE-13. Registro de análisis de PCBs.

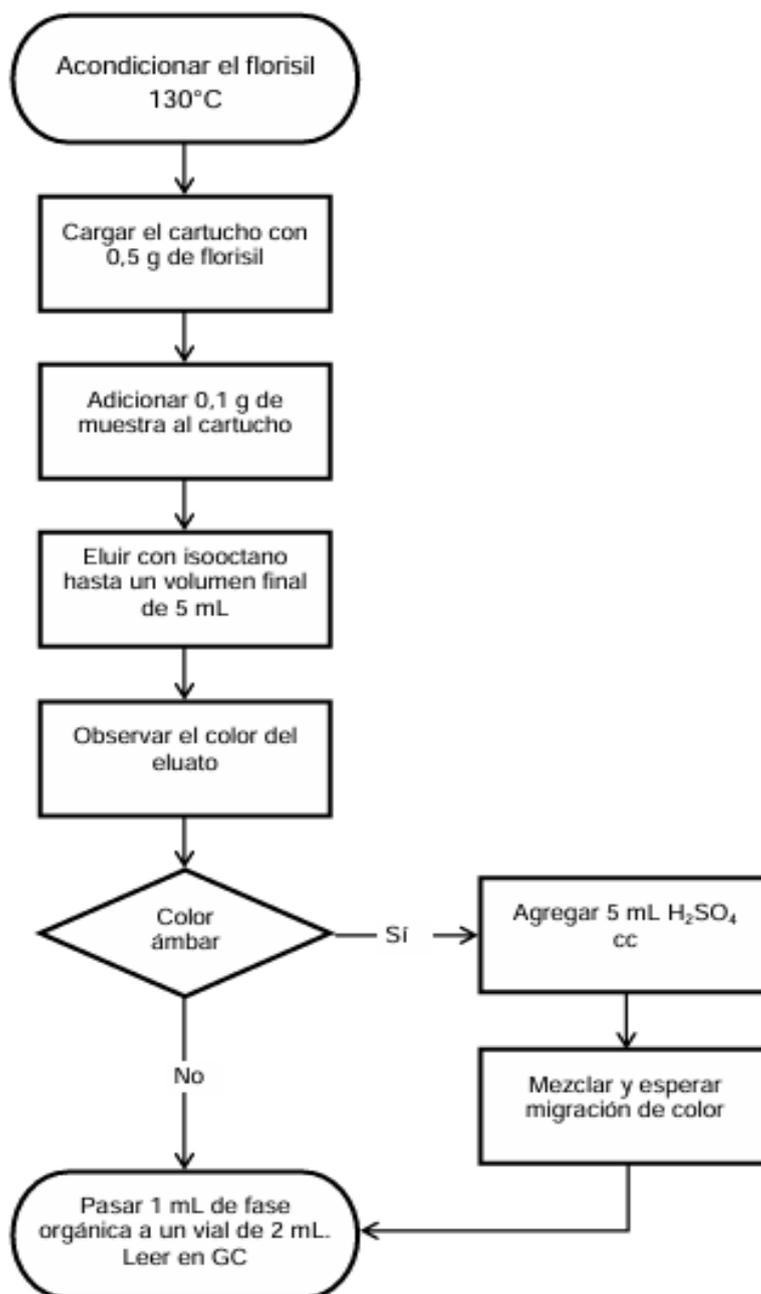
VIII. REFERENCIAS:

- 8.1 D4059-00(Reapproved 2010). Standard test method for Analysis of Polychlorinated Biphenyl in Insulating Liquids by Gas Chromatography.
- 8.2 EPA. Laboratory manual physical/chemical methods. Environmental Protection Agency. EPA 600.
- 8.3 EPA. Laboratory manual physical/chemical methods. Environmental Protection Agency EPA Method 8082 (Rev. 0), September 1986.
- 8.4 Mitchell D. Edition. Analytical Chemistry of PCB, second edition. Argonne National Laboratory, Illinois.

Cualquier copia impresa diferente del original y cualquier archivo electrónico de este documento que se encuentre fuera de la Red DIG-LAB de la DIGESA son considerados como COPIAS NO CONTROLADAS.

IX. ANEXOS

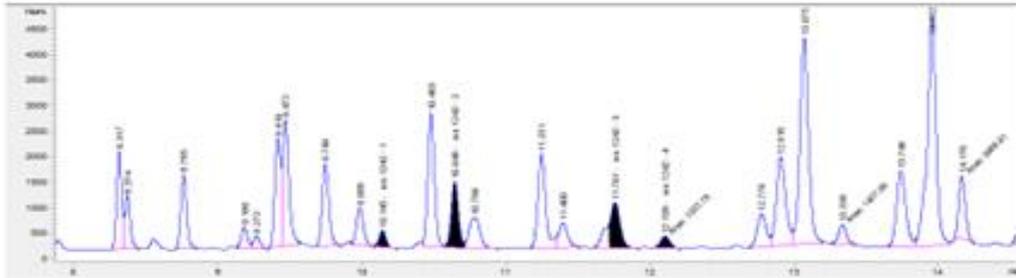
Anexo 1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL MÉTODO. TRATAMIENTO DE MUESTRA.



Cualquier copia impresa diferente del original y cualquier archivo electrónico de este documento que se encuentre fuera de la Red DIG-LAB de la DIGESA son considerados como COPIAS NO CONTROLADAS.

Anexo 02. CROMATOGRAMAS DE LOS AROCLORES 1242, 1254 Y 1260.

AROCLOR 1242



LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL DIGESA - MINSA	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE PCB EN ACEITES DIELECTRICOS (VALIDADO) CON REFERENCIA AL ASTM D4059-00(2010)	Código: DIGESA-AO-PE-13 Revisión: 00 Fecha : 2015-05-07 Página : 10 de 10
--	--	--

Anexo 03. TIEMPO DE RETENCIÓN DE LOS AROCLORES.

Mix de 50 µg/g de Aroclor 1242, Aroclor 1254 y Aroclor 1260

Arocloros	Tiempo de retención (Tr)
Aroclor 1242-1	10.1
Aroclor 1242-2	10.7
Aroclor 1242-3	11.8
Aroclor 1242-4	12.1

Aroclor 1254-1	13.8
Aroclor 1254-2	14.0
Aroclor 1254-3	14.2
Aroclor 1254-4	14.7
Aroclor 1254-5	14.9
Aroclor 1254-6	15.2

Aroclor 1260-1	18.3
Aroclor 1260-2	19.0
Aroclor 1260-3	20.0
Aroclor 1260-4	20.1
Aroclor 1260-5	20.8
Aroclor 1260-6	21.2

Cualquier copia impresa diferente del original y cualquier archivo electrónico de este documento que se encuentre fuera de la Red DIG-LAB de la DIGESA son considerados como COPIAS NO CONTROLADAS.

Anexo 2. CROMATOGRAFO DE GASES-MS modelo 7890A, marca AGILENT TECHNOLOGIES, serie CN10810144



Anexo 3. Plan de Aseguramiento de la Calidad de resultados

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL DIGESA - MINSA	PLAN DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD RESULTADOS	Código:	AC-PL-04
		Revisión:	00
		Fecha:	13/03/2013
		Página	Página 1 de 2

AREA: **ORGÁNICOS**

NOMBRE DEL ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA O TÍTULO / VERSIÓN / AÑO	ALCANCE / MATRIZ	CONTROLES APLICADOS	FRECUENCIA DE LOS CONTROLES	CRITERIO ACEPTACIÓN	FUENTE DE REFERENCIA PARA LOS CRITERIOS ADOPTADOS	ACCIÓN CORRECTIVA/ CORRECCIÓN
Bifenilos Policlorados DIGESA -AO-PE-13	GC-ECD. Validado, con referencia al ASTM 4059D-00(2010)	Aceite dieléctrico	BKP: Blanco matriz	Por cada 15 muestras o lote	<LDM	Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements 2012 AOAC	Se detiene el ensayo y verificar estado del inserto y de la columna
			QC1: Verificación de la curva (control bajo, 50 µg/g)	Uno por cada orden de trabajo	80 - 107%	Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements 2012 AOAC	Repetir ensayo
			QC2: Verificación de curva (control alto, 500 µg/g diluido 1/10) (opcional)	Uno por orden de trabajo, con concentraciones mayores al valor máximo de curva	90 - 105%	Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements 2012 AOAC	Repetir ensayo Página 4
			Duplicado	Por cada 15 muestras o lote	RPD < 16%	Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements 2012 AOAC	Repetir ensayo

Anexo 4. Inter laboratorio en la que participó el Laboratorio de la Digesa, Julio 2018.

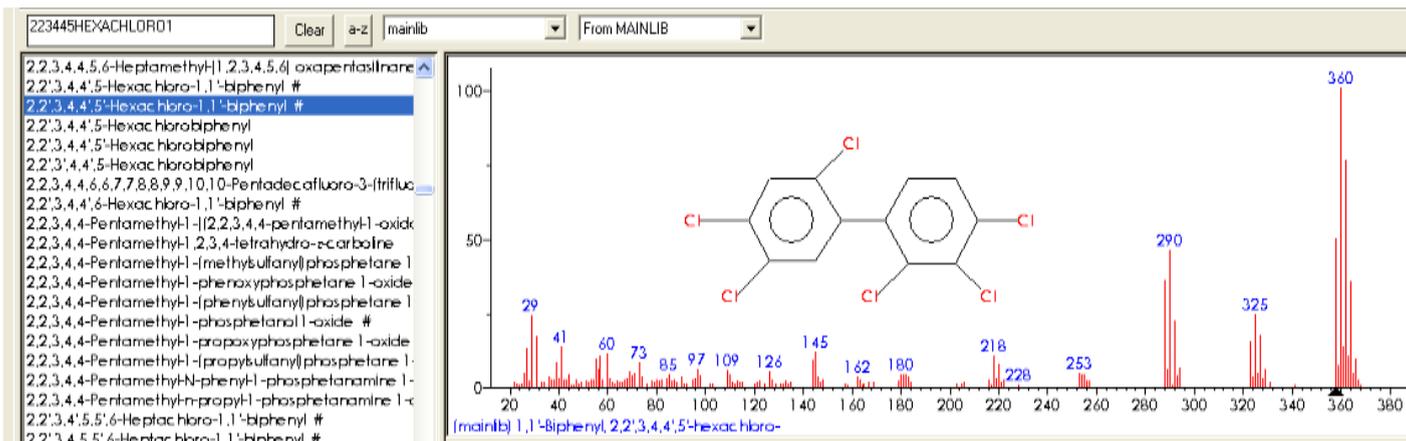


Page 8 of 12
 Print Date 11 September 2018

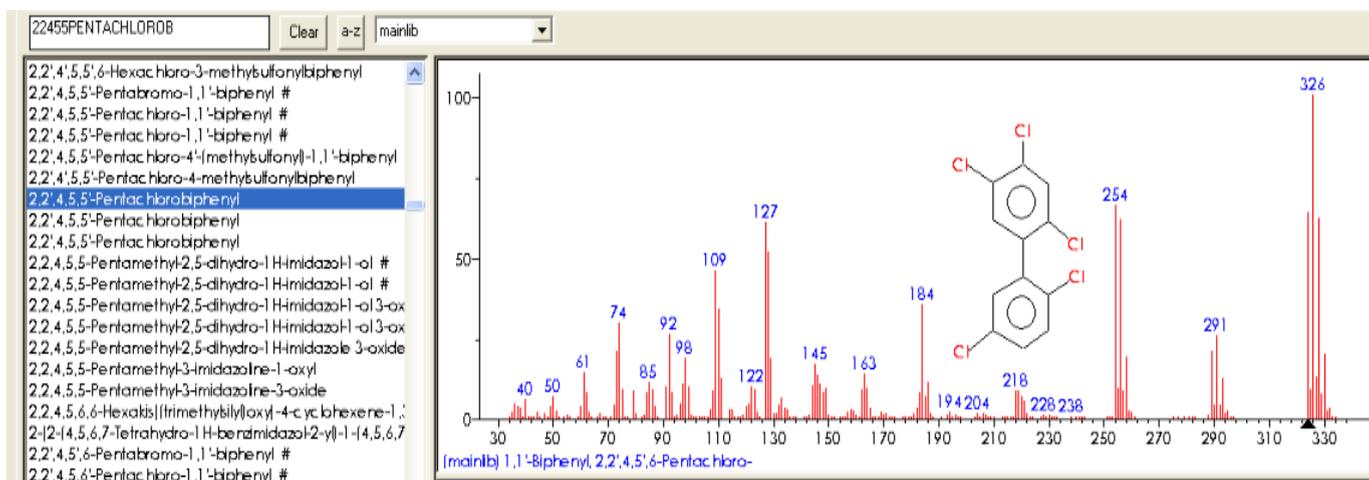


Summary PT Performance Evaluation Report

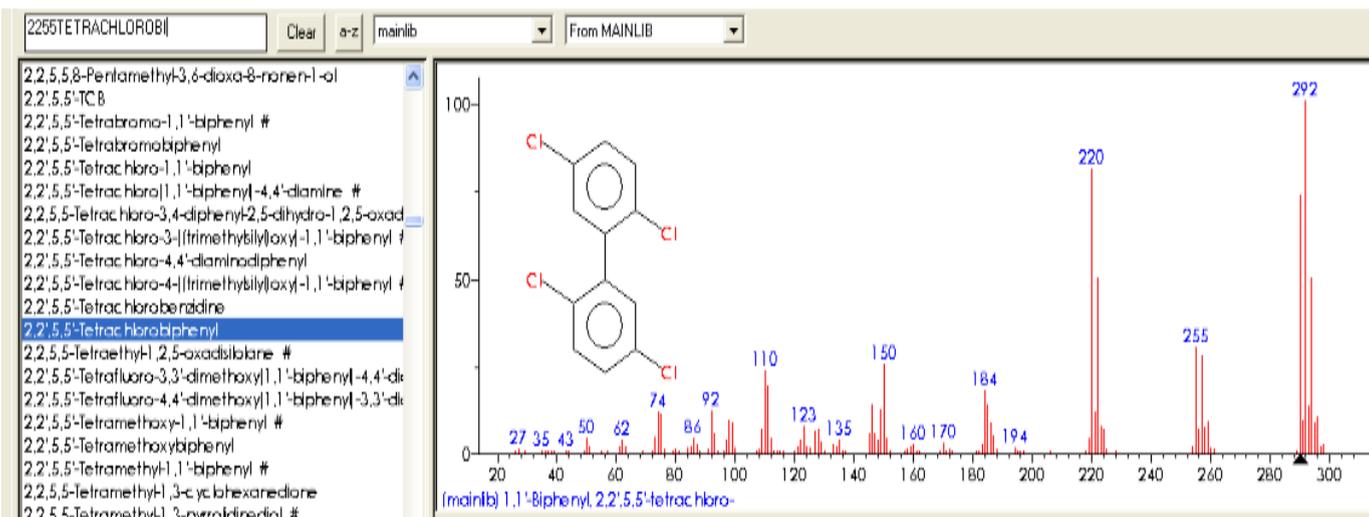
PCBs in Oil		Lot Number P282-729S			
	Reported PT Result	Satisfactory Range	z Score	Reported Method	Performance Evaluation
Aroclor 1016		< 0.86			Not Reported
Aroclor 1221		< 1.25			Not Reported
Aroclor 1232		< 1.25			Not Reported
Aroclor 1242	<1.06 mg/kg	< 0.86		DIGESA-AO-PE-13 (ASTM D4059-00(2010))	Satisfactory
Aroclor 1248		< 1.25			Not Reported
Aroclor 1254	<0.44 mg/kg	< 0.86		DIGESA-AO-PE-13 (ASTM D4059-00(2010))	Satisfactory
Aroclor 1260	45.4 mg/kg	22.3 - 55.8	0.755	DIGESA-AO-PE-13 (ASTM D4059-00(2010))	Satisfactory



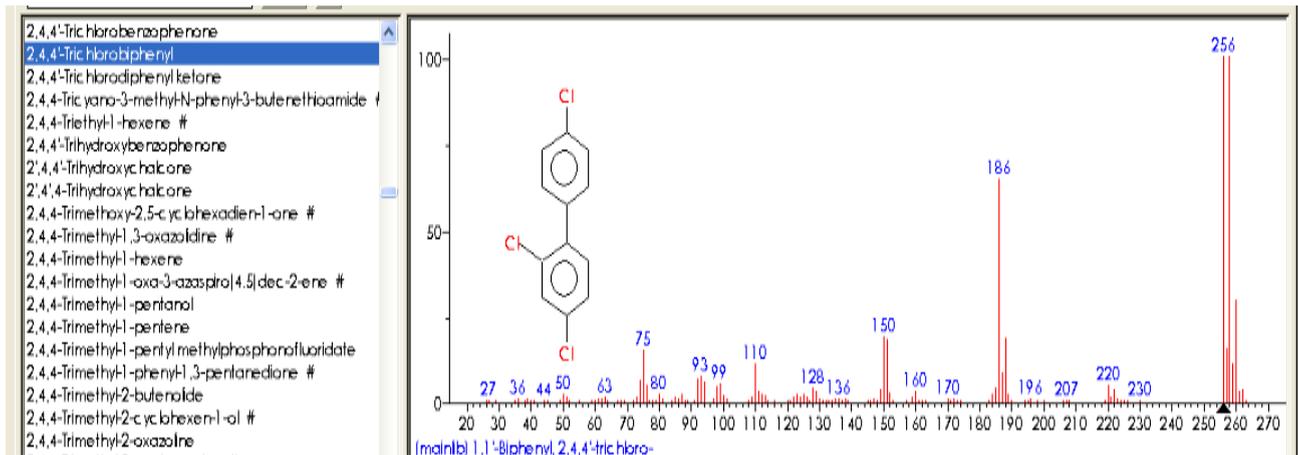
Congéner 2,2',3,4,4',5'- HEXACHLORO BIPHENYL



Congéner 2,2',4,5,5' - PENTACHLORO BIPHENYL



Congéner 2,2',5,5' - TETRACHLORO BIPHENYL



Congéner 2,4,4' - TRICHLORO BIPHENYL