

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental



“Propuesta de un Programa para el Control de la Exposición Ocupacional a Plomo y Estaño durante el Ensamble de Tarjetas de Circuito Impreso, en la Empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda.”

para optar por el título de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

con el grado académico de

Licenciatura

Makeylin Vanessa Rodríguez Núñez

Cartago, Agosto, 2020



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

## CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE TRABAJO DE FINAL DE GRADUACIÓN

Trabajo Final de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por las profesoras Ing. Lourdes Medina Escobar e Ing. Adriana Campos Fumero, el asesor académico el Ing. Carlos Mata Montero y la Coordinación de Proyectos de Graduación la Ing. Mónica Carpio Chaves, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

CARLOS LUIS  
MATA MONTERO  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
CARLOS LUIS MATA MONTERO  
(FIRMA)  
Fecha: 2020.08.12 15:59:43  
-06'00'

---

Ing. Carlos Mata Montero

Asesor académico

MONICA MARIA  
CARPIO CHAVES  
(FIRMA)

Firmado digitalmente  
por MONICA MARIA  
CARPIO CHAVES (FIRMA)  
Fecha: 2020.08.12  
15:54:04 -06'00'

---

Ing. Mónica Carpio Chaves

En representación de la Dirección

MARIA DE  
LOURDES  
MEDINA  
ESCOBAR  
(FIRMA)

Firmado  
digitalmente por  
MARIA DE LOURDES  
MEDINA ESCOBAR  
(FIRMA)  
Fecha: 2020.08.12  
17:16:26 -06'00'

---

Ing. Lourdes Medina Escobar

Profesora Evaluadora

ADRIANA MARIA  
CAMPOS FUMERO  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
ADRIANA MARIA CAMPOS  
FUMERO (FIRMA)  
Fecha: 2020.08.12 17:58:11 -06'00'

---

Ing. Adriana Campos Fumero

Profesora Evaluadora

Cartago

12 de Agosto, 2020

# *Dedicatoria*

*Este logro se lo dedico a mis padres, Sandra y Roger quienes han sido el mayor apoyo de mi vida y en especial durante toda mi etapa de educación. Este triunfo también es de ellos pues me han brindado todas las herramientas para salir adelante con el más grande y sincero amor. Por enseñarme que no hay meta imposible de alcanzar si se lucha con esfuerzo y dedicación.*

*A mis hermanas, Samanta y Alana, quienes son la luz de mi vida y el motor que me impulsa a salir adelante. Son mi mayor motivación para luchar por mis sueños y ser un buen ejemplo a seguir.*

# *Agradecimientos*

*Inicialmente agradezco a Dios, por permitirme llegar hasta aquí y guiarme durante todo el camino para alcanzar mis sueños y mi realización profesional.*

*Agradezco enormemente a toda mi familia, por apoyarme de inicio a fin, ser mi soporte, aconsejarme, motivarme durante todo este proceso y celebrar mis logros.*

*A Luis Fernando, por ser mi apoyo durante todo este tiempo, por su admiración y su orgullo y principalmente por motivarme a creer en mi misma y alcanzar mis sueños.*

*A mis amigas del alma, María Paula, Emily y Gloriana, por brindarme la más sincera amistad durante este ciclo de mi vida, por enseñarme que no hay obstáculo imposible de superar si se trabaja en equipo y por convertirse en mi familia TEC.*

*Un agradecimiento especial a María Paula por además de ser una excelente amiga ser mi mano derecha desde el día número uno que inicié este proyecto, ayudándome, escuchándome e impulsándome a mejorar y por compartir conmigo cada una de las emociones durante este proceso.*

*A mi profesor asesor, Carlos Mata por ser una excelente guía para realizar este proyecto, estar siempre dispuesto a ayudarme e impulsarme a dar lo mejor de mí. A las profesoras lectoras Adriana Campos y Lourdes Medina por todo su apoyo y sus consejos para alcanzar el objetivo. Además, agradezco grandemente al profesor Ignacio de Valle y la profesora Gabriela Rodríguez quienes con su gran vocación de enseñar, su carisma, su experiencia y su paciencia fueron un pilar fundamental para el desarrollo del proyecto.*

*Finalmente, agradezco a todo el equipo de Zollner Electronics Costa Rica por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente. En especial agradezco a Mariela Núñez por todo el apoyo brindando y por transmitirme su conocimiento y experiencia para ejercer mi profesión de la mejor manera.*

## RESUMEN

El presente proyecto fue realizado en la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda. Debido a la llegada de un nuevo cliente la empresa creó una nueva línea de producción en donde a partir de un estudio exploratorio se determinó como riesgo prioritario la exposición ocupacional a plomo y estaño. La exposición a estos metales puede causar graves daños a la salud, por tanto, el objetivo general es proponer un programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la nueva línea de ensamble de PCBs Teradyne.

Como parte de la metodología de evaluación de exposición se estimó un número de seis muestras utilizando una estrategia de muestreo de peor caso. Para alcanzar el objetivo del proyecto se determinaron los principales factores de riesgo relacionados a la exposición mediante diversas herramientas. Posteriormente se evaluó la exposición respiratoria de los trabajadores a los metales mediante el método OSHA ID-206.

En cuanto a los resultados se determinaron un total de 13 factores de riesgo que contribuyen con la exposición de los cuales nueve fueron clasificados como no aceptables. A modo de conclusión los factores de riesgo determinados se relacionan con la inexistencia de controles ingenieriles en tareas riesgosas, deficiencia de controles administrativos, escasas de capacitación y uso inadecuado de equipo de protección personal. El análisis de las concentraciones obtenidas para los metales arrojó que para ambos grupos de exposición similar las concentraciones de los metales se encuentran en zona de cumplimiento según los parámetros que establece la norma UNE-EN 689+AC. Dado que la política de riesgos de la empresa implica disminuir al máximo posible la exposición se propone implementar un programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño que incluye controles administrativos e ingenieriles para minimizar aún más el nivel de exposición.

Palabras claves: Plomo, estaño, tarjetas de circuito impreso, exposición ocupacional.

## **SUMMARY**

This project was carried out at Zollner Electronics Costa Rica Ltda. The company has experienced the need to create a new production line due to the incorporation of a new client. An exploratory study applied at the assembly line, established that exposure to lead and tin are the main risk workers face. The exposure to these kinds of metals can cause severe health issues, therefore, the project's aim is to propose a program for controlling occupational exposure of lead and tin at the new PCB's Teradyne assembly line.

For the methodology, worst-case sampling strategy was applied, in which, six samples were estimated. To meet the objective, it was necessary to incorporate the use of diverse tools to identify and analyze risky factors. Subsequently, the worker's respiratory capacity of metal exposure was evaluated using OSHA ID-206 method.

About the results, 13 risks were identified that contribute to the exposure; of which nine were classified as unacceptable. In brief, these factors are associated with:

1. The absence of engineering controls in hazardous tasks
2. Administrative control deficiency
3. Lack of staff training, and
4. Inappropriate use of personal protective equipment.

The metal concentration analysis showed that both similar-exposure groups are in the compliance zone according to the parameters established by UNE-EN 689 + AC standard. Based on the company's risk policy, in which, it is required to decrease the metal occupational exposure; this document suggests the need to implement a lead and tin occupational exposure control program that includes administrative and engineering issues.

Key words: Lead, tin, printed circuit boards, occupational exposure.

## ÍNDICE GENERAL

I. Introducción .....	1
A. Identificación de la empresa.....	1
1. Misión y Visión .....	1
2. Antecedentes históricos .....	2
3. Ubicación geográfica.....	2
4. Organización .....	3
5. Número de empleados.....	3
6. Tipos de productos .....	3
7. Mercado .....	3
8. Proceso productivo .....	4
B. Planteamiento del problema.....	5
C. Justificación del proyecto .....	5
D. Objetivos .....	8
1. Objetivo general.....	8
2. Objetivos específicos .....	8
E. Alcances y limitaciones del proyecto.....	8
1. Alcances .....	8
2. Limitaciones .....	9
II. Marco teórico .....	10
III. Metodología .....	15
A. Tipo de investigación.....	15
B. Fuentes de información.....	15
C. Población y muestra.....	17
D. Operacionalización de objetivos.....	19
E. Descripción de herramientas, métodos e instrumentos de investigación.....	23
F. Plan de análisis .....	31
IV. Análisis de la situación actual.....	37
V. Alternativas de solución .....	57
VI. Bibliografía.....	58
VII. Anexos.....	65
VIII. Apéndices.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III-1. Plan de análisis del proyecto .....	30
Figura IV-1. Diagrama de radar para cumplimiento de controles administrativos .....	43
Figura IV-2. Diagrama de Ishikawa factores contribuyentes con la exposición.....	48
Figura IV-3. Gráfico de dispersión concentraciones de plomo en trabajadores de re trabajo .....	53
Figura IV-4. Gráfico de dispersión concentraciones de plomo en trabajadores de mantenimiento.....	54
Figura VII-1. Diagrama causa-efecto de los riesgos del proyecto .....	69
Figura VII-2. Matriz de clasificación de los riesgos del proyecto .....	70
Figura VII-3. Cronograma del proyecto .....	74
Figura VII-4. Ejemplo diagrama de cajas y bigotes .....	98
Figura VII-5. Tabla para el recalcu de la muestra.....	99

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro III-1. Cantidad de trabajadores por área en la línea Teradyne .....	17
Cuadro III-2. Operacionalización de variables.....	19
Cuadro IV-1. Factores de riesgo prioritarios .....	49
Cuadro IV-2. Resultados de concentración de Pb y Sn en el grupo de re trabajo .....	51
Cuadro IV-3. Comparación de concentraciones de re trabajo contra el 10% del TLV-TWA.....	52
Cuadro IV-4. Concentraciones de Pb y Sn para el grupo de mantenimiento .....	53
Cuadro IV-5. Comparación de concentraciones de mantenimiento contra el 10% del TLV-TWA .....	54
Cuadro VII-1. Escala de impacto para la materialización de los riesgos.....	70
Cuadro VII-2. Escala de probabilidad para la materialización de riesgos del proyecto .....	70
Cuadro VII-3. Clasificación del riesgo .....	71
Cuadro VII-4. Medidas de prevención y acciones correctivas para los riesgos del proyecto .....	71
Cuadro VII-5. Presupuesto del proyecto .....	74
Cuadro VII-6. Descripción de las tareas del cronograma.....	75
Cuadro VII-7. Ejemplo de cálculos de MLE, LIC y LSC re trabajo .....	98
Cuadro VII-8. Ejemplo de cálculos de MLE, LIC y LSC mantenimiento .....	98

## **I. Introducción**

A continuación, se presentan aspectos relevantes sobre el proyecto como lo son la identificación de la empresa, planteamiento del problema, justificación del proyecto y sus objetivos tanto generales como específicos.

### **A. Identificación de la empresa**

En este apartado se muestra información sobre la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

#### **1. Misión y Visión**

La misión de la empresa Zollner Electronics Costa Rica es la siguiente: “Somos un proveedor de servicios mecatrónicos” (Departamento de Recursos Humanos, Empresa Zollner Electronics Limitada). Por otra parte, la visión establecida por la empresa es “Ser un proveedor de servicio profesional, ofreciendo soluciones individuales para toda la cadena de suministro, desarrollando y manufacturando de manera ágil, siendo más flexibles e innovadores que nuestra competencia y sintiéndonos orgullosos de poseer una tecnología superior” (Departamento de Recursos Humanos, Empresa Zollner Electronics Limitada). Adicionalmente, la empresa busca reducir las exposiciones a contaminantes lo mayor posible. Se cuenta con una política de seguridad laboral, sus lineamientos son los siguientes:

- Identificamos rutinariamente los riesgos de seguridad y salud ocupacional en nuestros lugares de trabajo y tomamos medidas para eliminarlos, minimizarlos y prevenirlos.
- Promovemos la seguridad y la protección de la salud de nuestros trabajadores con programas de acción.
- Integramos activamente a nuestros empleados y departamentos externos en nuestras operaciones para promover el desarrollo de la seguridad laboral.

- Mantenemos y promovemos el bienestar y la salud de nuestros empleados con medidas proporcionales a sus situaciones.
- Apoyamos a nuestros empleados con problemas ocupacionales y privados con opciones comprensivas de consulta.

## **2. Antecedentes históricos**

La empresa Zollner Elektronik AG fue fundada en el año 1965 en la ciudad de Zant, Alemania. Es una Empresa Manufacturera de Servicios Electrónicos (EMS) y se dedica a la fabricación de productos mecatrónicos. Su origen es de tipo familiar por tanto, cuenta únicamente con un dueño, el señor Manfred Zollner quien se desempeña como actual director de la compañía. (Departamento de Recursos Humanos, Empresa Zollner Electronics Limitada).

La planta ubicada en Costa Rica inició sus operaciones en el año 2014. Se tomó la decisión de construir sus instalaciones en Cartago para tomar beneficio de la cercanía de instituciones como el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), Colegio Universitario de Cartago (CUC) y Centro Vocacional de Artes y Oficios (COVAO). Esto benefició grandemente a la provincia con la generación de nuevos empleos y oportunidades de crecimiento laboral para sus ciudadanos. Cabe destacar que es una empresa que se encuentra en un constante crecimiento, en el caso de la planta ubicada en Costa Rica se pretende expandir sus instalaciones y duplicar la cantidad de personal.

## **3. Ubicación geográfica**

Zollner Electronics Costa Rica Ltda se encuentra ubicada en el Parque Industrial La Lima, provincia de Cartago, Cantón Central, distrito de San Nicolás. Además de esta planta la empresa cuenta con 17 plantas en diferentes partes del mundo. Nueve plantas en Alemania, dos en Hungría, dos en Rumanía, una en Suecia, China, Estados Unidos y Túnez.

#### **4. Organización**

La organización actual de la planta en Costa Rica tiene como máxima autoridad al Gerente General. A partir de ahí cuenta con gerencias que tienen a su cargo los distintos departamentos. Existe la gerencia de Recursos Humanos, Gerencia de Calidad, Gerencia de producción, Gerencia de Materiales, Gerencia de Mantenimiento y Facilidades. *Environmental, Health & Safety* (EHS) forma parte de la gerencia de calidad. Ver organigrama de la empresa en anexo 1.

#### **5. Número de empleados**

Actualmente la empresa cuenta con aproximadamente 300 empleados los cuales se distribuyen en diferentes departamentos. El departamento más grande es el de producción con al menos 220 personas incluyendo personal técnico, operativo e ingenieril. Los restantes trabajadores laboran en departamentos como Calidad, Ingeniería, Recursos Humanos, Tecnologías de Información, Cadena de abastecimiento, Ingeniería Central, entre otros.

#### **6. Tipos de productos**

En la empresa Zollner Electronics Costa Rica se ensamblan tarjetas de circuito impreso (PCBs). Estas tarjetas son ensambladas en función de los requerimientos de cada cliente, por lo tanto, se cuenta con una gran variedad. Sumado a esto se brindan servicios técnicos, de diseño e ingeniería para las demás plantas de Zollner en otros países.

#### **7. Mercado**

El mercado en que se desempeña la empresa consiste mayoritariamente en la industria automotriz, aeroespacial y médica. Algunos clientes corresponden a marcas como BMW, LEA, Borg Warner, Teradyne, entre otros. Es frecuente la incorporación de nuevos clientes que expanden aún más el mercado. Los productos son exportados especialmente a países como México y Estados Unidos.

## 8. Proceso productivo

En términos generales, el proceso inicia en el área de *incoming* donde se reciben todas las materias primas y productos auxiliares necesarios. Posteriormente estos pasan a bodega donde son almacenados y se preparan las órdenes de producción diarias de acuerdo a un sistema de inventario y un plan de producción.

Antes de iniciar el ensamble de las tarjetas, estas son etiquetadas mediante rayos láser o etiquetas de papel para garantizar la trazabilidad de las mismas. Posterior a esto ingresan al área de *Surface Mount Technology* (SMT) el cual consiste en una serie de tareas que permiten de forma automatizada ensamblar los componentes más pequeños. Durante el proceso de SMT las tarjetas se someten a diferentes inspecciones para asegurarse de que los pequeños componentes se hayan adherido en los lugares correctos.

Los componentes más grandes que no pueden ser ensamblados de forma automatizada se ensamblan en el proceso de *Through Hole* (THT). Este se realiza de forma manual y se adhieren mediante soldadura en ola. Las tarjetas que presentan algún defecto de calidad son ingresadas al área de re trabajo, donde mediante micro soldadura manual se corrigen los defectos, esto se realiza únicamente si el cliente lo permite. Algunas tarjetas requieren ser lavadas en lavadoras especiales con agua des ionizada.

Posteriormente las tarjetas se someten a pruebas y se depanelizan para ser enviadas a *Outgoing* donde se preparan para entregarlas a los diversos clientes. Adicional a estos, existen tareas como las pruebas de soldabilidad que se realizan únicamente cuando es necesario para verificar la adherencia de ciertos componentes a la tarjeta de circuito impreso. Se realizan además tareas de mantenimiento preventivo de los equipos de acuerdo con un plan de inspección para asegurar la máxima eficiencia de los equipos.

En el apéndice 1 se puede observar el flujo de proceso de la línea de producción.

## **B. Planteamiento del problema**

La reciente incorporación del nuevo cliente Teradyne que representa grandes beneficios económicos y de crecimiento para la empresa provocó la creación de una nueva línea de producción específica para el ensamble de sus tarjetas de circuito impreso (PCBs). Esta línea tiene la particularidad de que involucra nuevas tareas, maquinaria y materia prima como la incorporación de soldadura con plomo.

Por políticas estrictas tanto de la empresa como del cliente en cuestión, es necesario velar por la seguridad y salud de los colaboradores que estarán a cargo de realizar este nuevo proceso. A raíz de esto durante el segundo semestre de 2019 se realizó un estudio exploratorio de los distintos riesgos ocupacionales presentes en la línea de producción. Mediante la aplicación de herramientas de valoración de riesgos se determinó como riesgo prioritario la exposición ocupacional a plomo y estaño tanto en tareas de soldadura como en otras tareas en las que se tiene contacto con la pasta y los humos que se generan.

Es necesario evaluar la exposición a estos agentes químicos para poder generar los mejores controles en los puestos de trabajo y así reducir los riesgos de padecer enfermedades profesionales a futuro a causa de la exposición a estos metales. De esta manera se podrá satisfacer al cliente bajo dos pilares fundamentales de la empresa: asegurar los mejores estándares de calidad a sus clientes y cumplir con la legislación del país en relación con seguridad y salud.

## **C. Justificación del proyecto**

Actualmente la producción y ensamble de tarjetas de circuito impreso se ha masificado ya que es indispensable para el buen funcionamiento de una gran cantidad de aplicaciones como parte de un circuito electrónico. Sin embargo, a pesar de las múltiples ventajas que el crecimiento de la industria electrónica representa, los trabajadores en esta industria se ven expuestos a riesgos ocupacionales preocupantes como lo es la exposición a sustancias peligrosas (García Jorge, 2012).

La protección de los trabajadores que están expuestos a químicos como el plomo y el estaño es sumamente importante para prevenir el desarrollo de enfermedades profesionales a corto y largo plazo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) estudios realizados por el Instituto de Sanimetría y Evaluación Sanitaria en el 2015 concluyeron que la exposición a plomo causó 494 550 muertes y la pérdida de 3,9 millones de años de vida, los cuales fueron ajustados en función a la discapacidad debido a los efectos a la salud que se generan a largo plazo. Además, se estimó que el plomo es responsable de un 12,4% de la carga de discapacidad del desarrollo intelectual idiopático, un 2,4% de la carga mundial de accidentes cerebrovasculares y un 2,5% de la carga de cardiopatía isquémica.

De igual forma la OMS indica que no existen niveles de exposición al plomo que puedan considerarse seguros pues es una sustancia que representa un alto riesgo carcinogénico y teratogénico, además de que se almacena en el organismo generando el potencial de afectar diversos órganos. Incluso los trabajadores que se exponen a este metal pueden llevarlo fuera de su centro de trabajo y afectar a terceros. En cuanto al estaño, la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (2005) indica que la exposición continua a este metal puede causar afecciones a la salud como anemia, alteraciones renales, daños al sistema nervioso, irritación en piel y ojos y en casos graves la muerte.

La exposición a ambos metales es prevenible y pueden adoptarse medidas orientadas a disminuir el riesgo de padecer enfermedades a corto o largo plazo. Controlar la exposición a sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo no brinda beneficios únicamente a los trabajadores, sino, también genera ventajas a la empresa. Establecer medidas de control para proteger la salud de los trabajadores se ha convertido en una de las mayores ventajas competitivas a escala mundial (Trujillo, 2014). Muchos clientes no se fijan solamente en la calidad de los productos o servicios, sino, también en las condiciones de trabajo que la empresa brinda a sus colaboradores.

Por otra parte, asegurar buenas condiciones de trabajo logra que el trabajador desarrolle sentimientos de confianza en sí mismo, además, aumenta la motivación, mejora la capacidad de trabajo, provoca una mayor satisfacción y mejora tanto la salud física como mental (Lozano & del Pilar, 2015). Todo esto repercute en un incremento de la productividad y una disminución del ausentismo que de igual forma genera efectos positivos sobre la empresa.

Específicamente para la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda es de suma importancia controlar la exposición de sus trabajadores a plomo y estaño en el nuevo proceso de Teradyne por varias razones. Inicialmente, la empresa tiene dentro de sus políticas la protección ambiental y a todos sus miembros. Además, se caracteriza como una empresa líder en materia de salud ocupacional.

Otro aspecto muy importante para la empresa es el cumplimiento de toda la legislación referente a la salud y seguridad de los trabajadores. La *“Ley General de Salud 5395”* establece que los patronos deben de resguardar la salud de los trabajadores y condicionar los lugares de trabajo para evitar riesgos a las personas. De igual forma el *“Reglamento General de Seguridad y Salud en el Trabajo”* establece el deber del patrón por mantener condiciones generales de seguridad e higiene en los centros de trabajo con el fin de proteger la vida, la salud e integridad de los trabajadores.

Por otra parte, la empresa cuenta con un programa sólido de auditorías externas e internas para mantener las certificaciones que posee en las normas ISO 9001 e ISO 14001 y el proceso de certificación en ISO 45001. Es importante obtener buenos resultados y dentro de los temas que se auditan se encuentra la protección de los trabajadores. Finalmente, los trabajadores de la nueva línea han manifestado su temor de sufrir alguna lesión o enfermedad al estar expuestos a estos metales pesados. Por lo tanto, se requiere asegurar a dichos trabajadores que realizan sus tareas en un entorno de trabajo seguro. De esta forma se sentirán más tranquilos y a gusto con el trabajo que realizan y aumentarán su productividad.

## **D. Objetivos**

A continuación, se indica el objetivo general y los objetivos específicos del presente proyecto.

### **1. Objetivo general**

Proponer un programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la nueva línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne, en la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

### **2. Objetivos específicos**

- Determinar los principales factores de riesgo que contribuyen con la exposición ocupacional a plomo y estaño en la nueva línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.
- Evaluar el nivel de exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño en la nueva línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.
- Diseñar propuestas de control ingenieriles y administrativas en un programa para la prevención de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la nueva línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.

## **E. Alcances y limitaciones del proyecto**

Los alcances y limitaciones se detallan a continuación.

### **1. Alcances**

El presente proyecto incluye propuestas de alternativas de control para la exposición ocupacional a plomo y estaño en la nueva línea de producción de Teradyne. Por tanto, brinda una determinación de factores de riesgo, evaluación de exposición y un programa que incluye controles ingenieriles y administrativos para la disminución de la misma.

Su alcance está dirigido a las condiciones presentes en la línea durante el segundo semestre del año 2019 y el primer semestre del año 2020. Además, el alcance se extiende a los nuevos puestos de trabajo que puedan generarse a futuro una vez finalizado el proyecto, siempre y cuando estos cumplan con las mismas características de los puestos evaluados durante la realización del mismo.

## **2. Limitaciones**

En el muestreo de los trabajadores de mantenimiento el laboratorio externo que contrató la empresa para realizar el muestreo de los contaminantes cometió un error al armar el tren de muestreo pues no colocó el dispositivo de captura dentro de la zona respiratoria de los trabajadores. Esto implica que existe una probabilidad de que las concentraciones obtenidas estén subestimadas.

Por otra parte, el muestreo de mantenimiento permitió conocer la concentración media durante la jornada laboral con el fin de poder comparar los resultados con los parámetros TLV-TWA. Sin embargo, dado que esta tarea tiene una duración de entre dos y cuatro horas no se conoce la concentración real a la que se exponen los trabajadores únicamente durante la tarea pues existe la probabilidad de que haya ocurrido una dilución de la muestra a lo largo de la jornada. Por tanto, es recomendable complementar el análisis con una evaluación por tarea teniendo en cuenta que estos no podrían compararse con ningún estándar pues no existen límites de exposición para cortos periodos de tiempo para plomo y estaño.

En el apéndice 3 se detalla un análisis de los posibles riesgos a materializarse durante el proyecto así como medidas de acción para solventarlas.

## II. Marco teórico

La industria electrónica ha presentado un gran crecimiento en los últimos años. Su actividad industrial entre otras cosas incluye el diseño, manufactura de componentes y ensamble de tarjetas de circuito impreso para diferentes sectores (Sztulwark & Juncal, 2014). En el año 1963, el ingeniero Austriaco Paul Eisler inventó el primer circuito impreso como parte de un radio. A partir de ese momento y hasta la actualidad debido a la revolución tecnológica e informática de la mitad del siglo XX se ha masificado la producción y ensamble de circuitos impresos pues su uso es indispensable en muchas aplicaciones (Sztulwark & Juncal, 2014).

Inicialmente, una tarjeta de circuito impreso consiste en una superficie constituida por caminos de material conductor laminados sobre un sustrato no conductor. Generalmente el proceso de producción y montaje de componentes es automatizado, sin embargo, durante el proceso el trabajador se encuentra expuesto a diferentes riesgos. Uno de los principales es la manipulación de sustancias químicas peligrosas como los metales pesados en procesos de soldadura (García Jorge, 2012). La soldadura consiste en el proceso de unión permanente de dos o más materiales mediante calor o presión, representa un alto riesgo a la salud de los trabajadores debido a la emanación de humos de soldadura, los cuales contienen una variada composición de metales pesados o no pesados (Silva et al., 2018).

Continuando con lo anterior, los humos de soldadura consisten en partículas pequeñas formadas cuando el metal vaporizado se condensa en el aire y se mantienen en suspensión (Lehnert et al., 2015). La exposición constante a estos humos tiene el potencial de causar entre otras enfermedades el desarrollo de patologías respiratorias que consisten en la afectación de los órganos respiratorios (Betha et al., 2014). Al hablar de exposición a estos humos es importante considerar diversos factores que pueden contribuir con su exposición, estos pueden ser referentes al proceso, los trabajadores, los controles implementados entre otros. (Molano, 2019). El plomo y el estaño son metales muy utilizados en estas tareas.

### **a. Plomo (Pb).**

Cuando se trata de soldadura de plomo, el riesgo principal es la exposición a humos de plomo. La intoxicación por este metal corresponde a uno de los envenenamientos por sustancias químicas más conocidos en la medicina (Kosnett, 2017). En la actualidad, la exposición a plomo sigue siendo importante en la salud ambiental y ocupacional por los efectos nocivos que puede generar a la salud y el ambiente.

El plomo es un metal pesado. Los metales pesados son tóxicos ambientales muy peligrosos que poseen características importantes como: su persistencia, bioacumulación, biotransformación y elevada toxicidad (Rodríguez Heredia, 2017). Además, tienen una alta densidad, masa y peso atómico que les permite ser tóxicos incluso en bajas concentraciones y degradarse de forma lenta acumulándose en los ecosistemas por largos periodos (Londoño-Franco, Londoño-Muñoz, & Muñoz-García, 2016).

En cuanto a los efectos a la salud, la exposición ocupacional a plomo puede causar afectación de la función renal, tracto gastrointestinal y síntesis de hemoglobina. Se considera un tóxico acumulativo que puede originar enfermedades crónicas. (Núñez & Zevallos, 2010). En caso de una intoxicación aguda se producen dolores epigástricos y abdominales, vómitos, alteraciones renales y hepáticas, convulsiones y coma. Por el contrario la intoxicación crónica genera neuropatías, debilidad y dolor muscular, cefalea, aminoaciduria, glucosuria, nefritis crónica, encefalopatía, irritabilidad, temblor, alucinaciones con pérdida de memoria, dificultad para concretarse, cólicos y alteraciones hepáticas (Rodríguez Heredia, 2017).

Asimismo, según Henao (2015) el plomo se clasifica como una sustancia con posible riesgo reproductivo (abortos, infertilidad, malformaciones congénitas, etc.) por exposición paterna. Además, en las mujeres embarazadas el plomo puede causar efectos teratogénicos en el sistema nervioso del feto lo que puede interferir con su desarrollo. Otros autores agregan efectos como hipertensión y enfermedades

cardiovasculares en adultos. El envenenamiento por plomo se denomina “Saturnismo Plumbosis o Plombemia”.

Por otra parte, es importante tomar en cuenta la forma en que el plomo ingresa, se distribuye y sale del organismo, Arriagada Recabal (2018) indica que para este metal existen dos vías de ingreso principales las cuales son inhalación e ingestión. Una vez que las partículas de plomo ingresan al epitelio pulmonar se integran en la circulación y se trasladan en el plasma en forma de fosfato de plomo, de esta forma logran depositarse en diversos órganos como pulmones, riñones, hígado, encéfalo y huesos. Las formas más comunes en que este sale del organismo son un 90% mediante la orina y en menor cantidad se excreta mediante la bilis, piel, cabello, uñas, sudor y leche materna

En cuanto a su asociación con el cáncer, basado en estudios realizados con ratas, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IACR por sus siglas en inglés) clasificó el plomo y sus compuestos como posible cancerígeno para los seres humanos (grupo 2B) pues hasta el momento no hay una asociación definida entre el desarrollo de cáncer en humanos y los casos estudiados (Arriagada Recabal, 2018). Según la norma INTE T20:2016 y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH por sus siglas en inglés) la concentración promedio ponderada en el tiempo (TLV-TWA) de exposición al plomo es de 0,05mg Pb/m<sup>3</sup> para una jornada de ocho horas diarias, 40 horas semanales (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2019).

En cuanto al diagnóstico de exposición ocupacional a plomo Azcona-Cruz, Ramírez, & Vicente-Flores (2015) indican que la mejor forma de detectar esta exposición es mediante las mediciones de plomo en sangre. Se recomienda intervención profesional cuando los niveles de plomo en sangre en adultos alcanzan valores de 10 µg/dL. Si se obtienen resultados mayores a 40 µg/dL OSHA recomienda que la persona se retire del trabajo por un tiempo.

## **b. Estaño (Sn)**

El estaño es un metal dúctil y maleable de color plateado que tiene grandes aplicaciones en la industria. Se utiliza en pinturas, recubrimiento de otros metales, imanes superconductores, aleaciones para soldadura, entre otras aplicaciones (Emsley, 2011). Al igual que el plomo, el estaño es también un metal pesado por lo que se bioacumula en el organismo pudiendo causar afectaciones en la salud a largo o corto plazo (Juárez et al., 2009).

Los principales efectos a la salud de la exposición a estaño son la irritación en los ojos y vías respiratorias (Nordberg & Nordberg, 2017). Además, la inhalación de partículas inorgánicas de óxido de estaño puede causar neumoconiosis, la cual se considera una enfermedad de origen ocupacional a causa de diversos trabajos, entre ellos las tareas de soldadura (Luis Fernando Giraldo et al., 2013). La neumoconiosis causada por óxido de estaño se conoce como estañosis (David & Wagner, 2012).

Asimismo, otros autores agregan efectos asociados al sistema nervioso central, trastornos y defectos visuales. A pesar de los diversos estudios realizados con animales de laboratorio no se ha demostrado que el estaño pueda ser cancerígeno para humanos. Se ha evidenciado que la exposición a compuestos orgánicos de estaño puede generar efectos más nocivos como problemas neurológicos y gastrointestinales que incluso pueden persistir años después de la intoxicación (Mahurpawar, 2015).

Por otra parte, es importante tomar en cuenta que en tareas de soldadura que implican aleaciones las cantidades de estos compuestos pueden volverse más nocivas al mezclarse con otros metales como plomo, zinc o manganeso. De igual forma, se debe tener cuidado con salpicaduras de estaño que puedan causar quemaduras o irritación en los ojos y la piel (Nordberg & Nordberg, 2017) . Cuando el estaño se expone a altas temperaturas aumenta su toxicidad.

En cuanto a las vías de ingreso, la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) indica que el estaño puede entrar al organismo

mediante la inhalación y la vía digestiva. Por tanto, la protección de los trabajadores a estaño no debe ser únicamente para el ingreso inhalatorio, sino, se deben de aplicar acciones orientadas a reducir el contacto dérmico del trabajador con el metal, para evitar que por accidente se lleve cantidades del mismo a la boca y entren al organismo (ATSDR, 2019).

La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) establece para la exposición ocupacional a estaño un TLV-TWA de  $2\text{mg}/\text{m}^3$  para una jornada laboral de 8 horas diarias (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2019). Este valor se mantiene igualmente en la norma INTE T20: 2016 sobre concentraciones ambientales máximas permisibles en los centros de trabajo. Es importante realizar muestreos personales constantemente para verificar que los niveles de exposición de los trabajadores no sobrepasan este valor.

Una vez descritos los riesgos de laborar con plomo y estaño es importante trabajar en la prevención de la exposición ocupacional a estos metales pesados. Para lograr esto, se requiere la implementación de controles ingenieriles como sistemas de extracción general y localizada, uso de equipo de protección personal, señalización, controles administrativos como programas de control de la exposición, vigilancia médica, procedimientos de trabajo, entre otros (Castro et al., 2013). También la capacitación es muy importante pues logra que el trabajador desarrolle capacidades que favorezcan su salud y seguridad (Delgado Leandro et al., 2017).

Al poner en práctica todas estas medidas se busca garantizar que el riesgo de exposición ocupacional a plomo y estaño en el área de trabajo es controlado y se minimizan las posibilidades de sufrir efectos adversos a la salud en un futuro. Finalmente, el objetivo del presente proyecto es proponer un programa con alternativas de control para la exposición ocupacional a plomo y estaño en la nueva línea de ensamble de PCBs Teradyne, en Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

### **III. Metodología**

A continuación, se muestra la metodología del proyecto. En el apéndice 3 se encuentra el presupuesto y en el apéndice 4 el cronograma del mismo.

#### **A. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es descriptiva pues pretende especificar las propiedades, características y perfiles del proceso que se somete a análisis. Considera el fenómeno estudiado y sus componentes, mide conceptos y define variables. También es aplicada pues pretende dar solución a un problema específico y conocido por el investigador (Hernández Sampieri et al., 2014).

Además, es de enfoque mixto debido a que incluye la aplicación de encuestas a los trabajadores y encargados como parte cualitativa y como parte cuantitativa incluye mediciones de exposición y análisis de datos.

#### **B. Fuentes de información**

A continuación, se muestran las fuentes primarias, secundarias y terciarias utilizadas en el proyecto.

##### **1. Fuentes primarias**

- Información brindada por la coordinadora de EHS de la empresa.
- Información brindada por los Ingenieros de calidad y procesos a cargo de la línea de producción Teradyne.
- Libros:
  - Riesgos Químicos 2da edición de Fernando Henao, 2015.
  - Higiene Industrial de Xavier Baraza Sánchez, Emilio Castejón Vilella y Xavier Guardino Solá, 2014.

- Sustancias químicas y peligrosas del Ministerio de Educación Superior La Habana, 2015.

- Investigaciones y proyectos:

- Aspectos normativos de prevención de riesgos laborales en la fabricación, montaje y ensamblado de circuitos impresos.

- Normativa:

- Ley General de Salud 5395.
- Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- UNE-EN-689:2019+AC Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.
- Estándares y guías:
- *OSHA 1910.1025 Occupational Safety and Health Standards. Toxic and Hazardous Substances. Lead.*
- *NIOSH Occupational Safety and Health Guideline for inorganic Lead.*
- *NIOSH Occupational Safety and Health Guideline for inorganic Tin Compounds.*
- *National Center for Biotechnology Information (NCBI). Occupational Standards and Guidelines for Lead.*

## **2. Fuentes secundarias:**

- Normas INTE

- INTE 31-08-07:2016. Salud y Seguridad en el Trabajo. Determinación de plomo y compuestos inorgánicos de plomo. Método de ensayo.
- INTE 31-08-04:2016. Salud y Seguridad en el Trabajo. Concentraciones ambientales máximas permisibles en los centros de trabajo.

### 3. Fuentes terciarias:

- Bases de datos del Tecnológico de Costa Rica.
- Base de datos Ebrary.
- Información de páginas en internet:
  - Sitio web oficial Zollner Elektronik AG.
  - Sitio web oficial NIOSH, OSHA y OMS.

### C. Población y muestra

La cantidad de trabajadores por área en la línea de Teradyne se distribuye de la forma mostrada en el siguiente cuadro.

Cuadro 3-1. Cantidad de trabajadores por área en la línea Teradyne

Área	Número de trabajadores
SMT	4
THT (Ensamble)	3
THT ( <i>Rework</i> )	8
THT (Mantenimiento)	4

*\*SMT: Surface Mount Technology.*

*\*THT: Through Hole Technology.*

Los trabajadores enlistados en el cuadro anterior permanecen la mayor parte de su jornada en la línea de producción Teradyne. Sin embargo, existen trabajadores externos a línea de producción que realizan tareas de soporte o supervisión que pueden estar expuestos a los contaminantes en ciertos momentos de las jornadas. Algunos de estos son técnicos de ingeniería, técnicos operarios, ingenieros de calidad e ingenieros de procesos. Cabe destacar que estos últimos no laboran únicamente en la línea de producción Teradyne, sino, se mantienen alternando entre los distintos procesos de la empresa según sea necesario.

A partir de lo anterior y bajo una estrategia de muestreo de peor caso se determinó como muestra a los trabajadores que la naturaleza de sus tareas implica mayor exposición a humos de soldadura. Dichos trabajadores corresponden al área de THT en las tareas de mantenimiento y re trabajo. La elección de estos grupos como peor caso se realizó con base en observaciones de las tareas en conjunto con la coordinadora de EHS. Ver anexo 2.

Para la estimación del número de muestras se utilizó la norma UNE-EN-689:2019+AC: 2019. Dicha norma establece que se debe de realizar un mínimo de tres muestras por grupo de exposición similar, si el valor obtenido está por debajo del 0,1 del valor límite de exposición ambiental (VLA) se presenta conformidad, si alguno de los resultados supera el VLA se presenta no conformidad. En caso de que todos los resultados estén por debajo del VLA y uno esté por encima del 0,1 VLA se encuentra en zona de no decisión y se requieren realizar más muestras. Por tanto, se tomará un total de seis muestras, tres para cada grupo de exposición similar (mantenimiento y re trabajo).

## D. Operacionalización de objetivos.

Cuadro 1-2. Operacionalización de variables

Objetivo específico	Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o métodos
<p>Determinar los principales factores de riesgo que contribuyen con la exposición ocupacional a plomo y estaño en la nueva línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.</p>	<p>Factores de riesgo que contribuyen con la exposición ocupacional a plomo y estaño.</p>	<p>Según la OSHA, (2009) son todos aquellos factores de riesgo y características del individuo, lugar de trabajo o realización de las tareas que causan un aumento de la probabilidad de sufrir algún daño, enfermedad o lesión, así como factores que tienen el potencial de agravar las consecuencias de una exposición.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de procedimientos existentes</li> <li>- Número de capacitaciones recibidas</li> <li>- Cantidad de horas de exposición</li> <li>- Número de trabajadores expuestos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Encuesta higiénica (Ver apéndice 5)</li> <li>-Cuestionario a los trabajadores (Ver apéndice 6)</li> <li>-Entrevista semiestructurada (Ver apéndice 9)</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número factores de riesgo asociados a los distintos puestos o tareas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación participativa (Ver apéndice 7)</li> <li>- Matriz de descripción de las tareas por puesto y posibles puntos de exposición (Ver apéndice 8)</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características de ventilación natural y artificial en el área de trabajo</li> <li>- Porcentajes de cumplimiento de controles ingenieriles y administrativos existentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lista de verificación basada en la guía para la evaluación y prevención de riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo del INSHT (Ver apéndice 10)</li> <li>- Diagramas de radar</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de medidas preventivas adoptadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación participativa</li> <li>- Entrevista semiestructurada</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>-Número de factores que pueden aumentar riesgos de exposición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagrama de causa-efecto</li> </ul>

Objetivo específico	Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o métodos
<p>Evaluar el nivel de exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño en la nueva línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.</p>	<p>Nivel de exposición ocupacional a plomo y estaño.</p>	<p>Consiste en una medida de la magnitud de exposición al riesgo, puede asociarse con los factores de exposición ocupacional (Villarreal Cantillana, 2014).</p>	<p>- Nivel de prioridad de los factores de riesgo determinados.</p>	<p>- Matriz de priorización de los factores de riesgo con base en la INTE T55:2011. (Ver apéndice 11)</p>
			<p>- Cantidad de variables a medir en el área de trabajo para el diseño de los controles (características de los trabajadores, dimensiones del área de trabajo, humedad, temperatura, velocidad del aire, entre otros).</p>	<p>- Cuadro resumen de variables medidas para el diseño de los controles ingenieriles y administrativos. (Ver apéndice 12) - Anemómetro.</p>
			<p>- Cantidad de muestras. - Cantidad de horas de muestreo.</p>	<p>- UNE-EN-689:2019+AC: 2019 - Método de muestreo para metales pesados OSHA ID-206. - Bitácora y acta de muestreo. (Ver apéndices 13 y 14)</p>
			<p>- Nivel de concentración de plomo en mg/m<sup>3</sup>. - Nivel de concentración de estaño en mg/m<sup>3</sup>.</p>	<p>- Método de análisis OSHA ID-206. <i>ICP Analysis of Metal/Metalloid Particulates from Solder Operations</i>. - Software de análisis de resultados.</p>

Objetivo específico	Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o métodos
Diseñar propuestas de control ingenieriles y administrativas en un programa para la prevención de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la nueva línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.	Controles administrativos e ingenieriles	Según establece la OSHA los controles ingenieriles son aquellos que implican realizar cambios en el lugar de trabajo con el objetivo de reducir los riesgos inherentes al mismo. Estos son preferibles pues realizan cambios de forma permanente que no dependen del comportamiento del trabajador y son más eficaces (OSHA, 2009). Un control administrativo es aquel que busca modificar las tareas, horarios y comportamientos de los empleados con la finalidad de reducir cuanto mayor sea posible la exposición a los riesgos en los lugares de trabajo (OSHA, 2009).	- Cantidad de elementos que contiene el programa.	- Guía para la elaboración del programa de salud y seguridad en el trabajo de acuerdo con la INTE 31-09-09-2016.
			- Cantidad de opciones de mejora en la realización de las tareas.	- Procedimientos de trabajo seguro.
			- Número de capacitaciones. - Cantidad de temas a tratar en las capacitaciones.	- Matriz de planeación de capacitaciones (Ver apéndice 15). - Cronograma de capacitaciones.
			- Cantidad de responsables del programa.	- Matriz de responsabilidades RACI (Ver apéndice 16).
			- Cantidad de controles administrativos e ingenieriles.	- OSHA 1910.1025 Occupational Safety and Health Standards. Toxic and Hazardous Substances. Lead. - NIOSH Occupational Safety and Health Guideline for inorganic Lead. - NIOSH Occupational Safety and Health Guideline for inorganic Tin Compounds. - Software de diseño.

Objetivo específico	Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o métodos
			<p>-Cantidad de aspectos necesarios para el diseño de los controles ingenieriles (velocidad del aire, caudal requerido, dimensiones, entre otros).</p> <p>-Cantidad de requisitos a cumplir para el diseño y elección de equipos que forman parte de los controles (eficiencia energética, costo, utilidades, cumplimiento de estándares y normativas específicas del sector, etc).</p>	<p>- Matriz de aspectos y requisitos necesarios para el diseño de los controles ingenieriles. (Ver apéndice 17)</p> <p>- Guías para el diseño y elección de sistemas de extracción para humos de soldadura y ventilación en el área de trabajo como Lincoln Environmental Systems, HVAC Duct Construction Standarts, Weller, entre otras.</p>
			<p>-Viabilidad económica, social, cultural y ambiental de las propuestas.</p>	<p>-Matriz de comparación de viabilidad para las diferentes propuestas. (Ver apéndice 18)</p>

## **E. Descripción de herramientas, métodos e instrumentos de investigación**

A continuación, se describen las herramientas utilizadas en el proyecto.

### **1. Encuesta higiénica**

Es un instrumento que permite recolectar información importante asociada con la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de producción en estudio. Además, brinda datos referentes a las tareas, jornadas de trabajo, formas de trabajo, descripción de los procesos, medidas de control existentes, entre otros. De igual forma permitió recolectar datos como horas de exposición, número de trabajadores expuestos, número de procedimientos existentes, número de capacitaciones existentes, entre otros. Ver apéndice 5.

### **2. Cuestionario a los trabajadores**

Consiste en una serie de preguntas dirigidas a los trabajadores que permitió obtener información acerca del conocimiento que tienen sobre el riesgo al que se exponen y las medidas de prevención que se deben adoptar. Además, fue útil para determinar las características demográficas de los trabajadores y las medidas de prevención implementadas. Ver apéndice 6.

### **3. Observación participativa**

Método útil para conocer a fondo el proceso y la forma en que se realizan las tareas. Consiste en observar detenidamente todas las tareas que se realizan en los diferentes puntos de la línea e interactuar con los trabajadores para lograr entender mejor el proceso y extraer información importante. Se deben realizar anotaciones de la información adquirida. Este método permitió conocer el número de condiciones en la línea que pueden aumentar el riesgo y el número de medidas preventivas adoptadas. Ver apéndice 7.

#### **4. Diagrama causa-efecto**

Es una herramienta útil para identificar las posibles causas de un problema. Permite la representación de varios elementos (causas) que son capaces de contribuir a un problema (efecto), además se conoce como herramienta efectiva para el análisis de situaciones y procesos y facilita la recolección de datos importantes. En este caso se utilizó para obtener el número de factores que pueden aumentar el riesgo de exposición.

#### **5. Matriz de descripción de tareas por puesto y puntos de exposición**

Consiste en una herramienta que permite realizar una descripción de las diferentes tareas en la línea de producción para determinar posibles puntos de exposición a los agentes en estudio. Fue útil tanto para conocer a fondo cada tarea como para estimar el número de factores de riesgo asociados a cada una de las tareas o puestos. Ver apéndice 8.

#### **6. Entrevista semiestructurada**

Consiste en una entrevista en la cual se plantean una serie de preguntas. Inicialmente se plantea una estructura de preguntas y en el transcurso pueden surgir otras espontáneas que enriquecen la recolección de información. Mediante esta herramienta se determinaron aspectos como procedimientos existentes, medidas de prevención adoptadas, características de la exposición, entre otros. Ver apéndice 9.

#### **7. Lista de verificación basada en la guía para la evaluación y prevención de riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo del INSHT**

Una lista de verificación es una herramienta muy utilizada que permite identificar propiedades del objeto en estudio. Se plantea en forma de preguntas cerradas con las opciones de "Sí" o "No". Fue confeccionada con base en la guía del INSHT la cual brinda las pautas de controles y medidas preventivas que las

empresas deberían de implementar para minimizar la exposición a agentes químicos en los puestos de trabajo. A partir de esta lista se calcularon porcentajes de cumplimiento de las medidas preventivas y los controles. Ver apéndice 10.

## **8. Diagrama de radar**

Es una representación gráfica de las diferencias entre el desempeño ideal y real. Permite identificar fortalezas y debilidades. Fue utilizado para determinar los porcentajes de cumplimiento de controles administrativos e ingenieriles.

## **9. Anemómetro**

El anemómetro permitió caracterizar la ventilación del área en estudio mediante la medición de la velocidad del aire. Esta información fue importante para diseñar controles de acuerdo con las características de ventilación del lugar.

## **10. Matriz de priorización de los factores de riesgo con base en la INTE 31-06-07-2011**

La matriz de priorización de factores de riesgo fue confeccionada con base en la matriz de valoración del riesgo de la INTE T55:2011. Se utilizó para determinar un nivel de prioridad de los factores relacionados con la exposición. Ver apéndice 11.

## **11. Cuadro resumen de variables medidas para el diseño de los controles ingenieriles y administrativos**

El cuadro resumen fue útil para reunir todas las medidas necesarias para el diseño de los controles, en él se anotaron medidas de temperatura, velocidad del aire, dimensiones del área de trabajo entre otras variables necesarias para el diseño de controles ingenieriles . En cuanto al diseño de controles administrativos resume aspectos relevantes sobre la población con la que se trabaja como edades y grado de escolaridad, esto es útil para determinar por ejemplo las mejores formas de realizar capacitaciones o implementar otros controles. Ver apéndice 12.

## **12. UNE-EN-689:2019+AC**

Herramienta que brinda información sobre metodologías de muestreo, buenas prácticas y lineamientos para el establecimiento de muestras. Fue útil para determinar la cantidad de muestras y analizar los resultados de evaluación.

## **13. Método de muestreo para metales pesados OSHA ID-206**

Este método describe la forma en que deben de ser muestreados los metales pesados. Especifica aspectos importantes como técnicas, tren de muestreo, horas de muestreo, manipulación de las muestras, etc. Este método fue utilizado para establecer la estrategia de muestreo y definir aspectos como las horas de muestreo y la cantidad de muestras.

## **14. Bitácora y acta de muestreo**

Una bitácora de muestreo consiste en un documento en que se lleva un registro escrito de las observaciones y sucesos durante el muestreo. El acta de muestreo es un documento donde se realiza una identificación del trabajador y su muestra, puesto de trabajo, flujo de muestreo inicial y final y tiempo de muestreo. Ambas herramientas son útiles para llevar un orden y documentar información importante para el análisis de resultados, en este caso fueron utilizadas también para documentar las horas de muestreo y la cantidad de muestras. Ver apéndices 13 y 14.

## **15. Método de análisis OSHA ID-206. *ICP Analysis of Metal/Metalloid Particulates from Solder Operations.***

Este método indica la forma en que se deben de analizar las muestras para obtener datos de concentración de metales pesados mediante el método de ICP. Fue utilizado para obtener las concentraciones de plomo y estaño en mg/m<sup>3</sup>.

## **16. Guía para la elaboración del programa de salud y seguridad en el trabajo de acuerdo con la INTE 31-09-09-2016**

Consiste en un documento que especifica lineamientos de prevención dispuestos al cumplimiento del programa, recursos necesarios para cumplir las propuestas de control y disposiciones para su seguimiento y control. Brinda orientación sobre los apartados que deben de cumplirse. En este caso se utilizó para determinar la cantidad de partes que incluye el programa.

## **17. Procedimientos de trabajo**

Consiste en un documento donde se especifica por escrito el paso a paso que se debe de seguir al realizar una tarea. Permite llevar un orden que minimiza el cometer errores que puedan causar accidentes, desarrollo de enfermedades y pérdidas económicas. Fue utilizado para determinar la cantidad de opciones de mejora en la realización de las tareas, además de establecer procedimientos importantes para controles administrativos como lo es evaluación de los contaminantes, vigilancia a salud y procesos de comunicación.

## **18. Matriz de planeación de capacitaciones**

Consiste en una herramienta que ayuda a planificar las capacitaciones a realizar. Incluye aspectos importantes como objetivos, temas a tratar, recursos necesarios, duración y método de evaluación. Además, se utilizó para determinar el número de capacitaciones a impartir y la cantidad de temas a tratar. Ver apéndice 15.

## **19. Cronograma de capacitaciones**

Permite hacer un ordenamiento de todas las capacitaciones a impartir. Relaciona las diferentes capacitaciones con la fecha en que se impartirá. Fue útil para determinar el número de capacitaciones y la cantidad de temas a tratar.

## **20. Matriz de responsabilidades RACI**

Es una herramienta que permite asignar las responsabilidades para la implementación, cumplimiento y seguimiento del programa propuesto. Se indican las funciones que cada miembro del programa debe de cumplir, además fue útil para determinar la cantidad de responsables del programa. Define las funciones responsables, aprueba, comunica e informa. Apéndice 16.

## **21. OSHA 1910.1025 Occupational Safety and Health Standards. Toxic and Hazardous Substances Lead**

Esta herramienta consiste en un estándar de OSHA que brinda instrucciones para la minimización de exposición ocupacional a plomo. Especifica aspectos importantes sobre límites de exposición y además brinda alternativas de control para mantenerse dentro de los límites permisibles. Es un estándar de acatamiento voluntario. En este caso fue utilizado en conjunto con otras guías y estándares para generar una cantidad de controles administrativos e ingenieriles.

## **22. NIOSH Occupational Safety and Health Guideline for inorganic Lead**

Esta herramienta consiste en una guía confeccionada por la NIOSH para procurar la salud y seguridad de los puestos de trabajo donde se utiliza plomo como parte de los procesos. Se divide en distintas secciones donde inicialmente se describe el compuesto, más adelante brinda lineamientos prácticos recomendados, selección de controles y vigilancia médica. Fue utilizada para determinar la cantidad de controles administrativos e ingenieriles y como guía de diseño.

## **23. NIOSH Occupational Safety and Health Guideline for inorganic Tin.**

Al igual que la herramienta anterior es una guía confeccionada por NIOSH, en este caso dirigida a minimizar los riesgos de enfermedades asociadas al trabajo con estaño en los puestos de trabajo. Se divide en distintas secciones donde inicialmente se describe el compuesto, más adelante brinda lineamientos de prácticas

recomendadas, selección de controles y vigilancia médica. La herramienta fue utilizada para determinar la cantidad de controles administrativos e ingenieriles y como guía para el diseño y selección de los mismos.

#### **24. Software computacionales**

Son aplicaciones de computación que permiten analizar y procesar datos para un mejor entendimiento de los mismos. Para el caso de análisis estadístico se utilizaron los programas SPSS<sup>®</sup> y Microsoft Excel<sup>®</sup>. Para el diseño de los controles ingenieriles se utilizó el programa Sketchup<sup>®</sup>.

#### **25. Guías para el diseño y elección de sistemas de extracción para humos de soldadura y ventilación en el área de trabajo**

Estas guías brindan información sobre equipos de extracción y sus características. Fueron útiles para un adecuado diseño y elección de los mismos.

#### **26. Matriz de aspectos y requisitos necesarios para el diseño de los controles ingenieriles**

Esta matriz fue útil para resumir los requisitos que se requieren para el diseño de los controles ingenieriles de acuerdo a las necesidades, por ejemplo, caudal requerido, costo, utilidades, eficiencia energética, cumplimiento de estándares, etc. Ver apéndice 17.

#### **27. Matriz de comparación de las propuestas**

En esta herramienta se realizó una comparación de las diferentes propuestas ingenieriles con la finalidad de determinar la viabilidad de las mismas y seleccionar aquella que se ajuste mejor a los recursos y las necesidades. Se analizó la viabilidad en aspectos de salud, seguridad, ambiente, económico, social, cultural y estándares, además se tomaron en cuenta las características propias del proceso. Ver apéndice 18.

## F. Plan de análisis gráfico

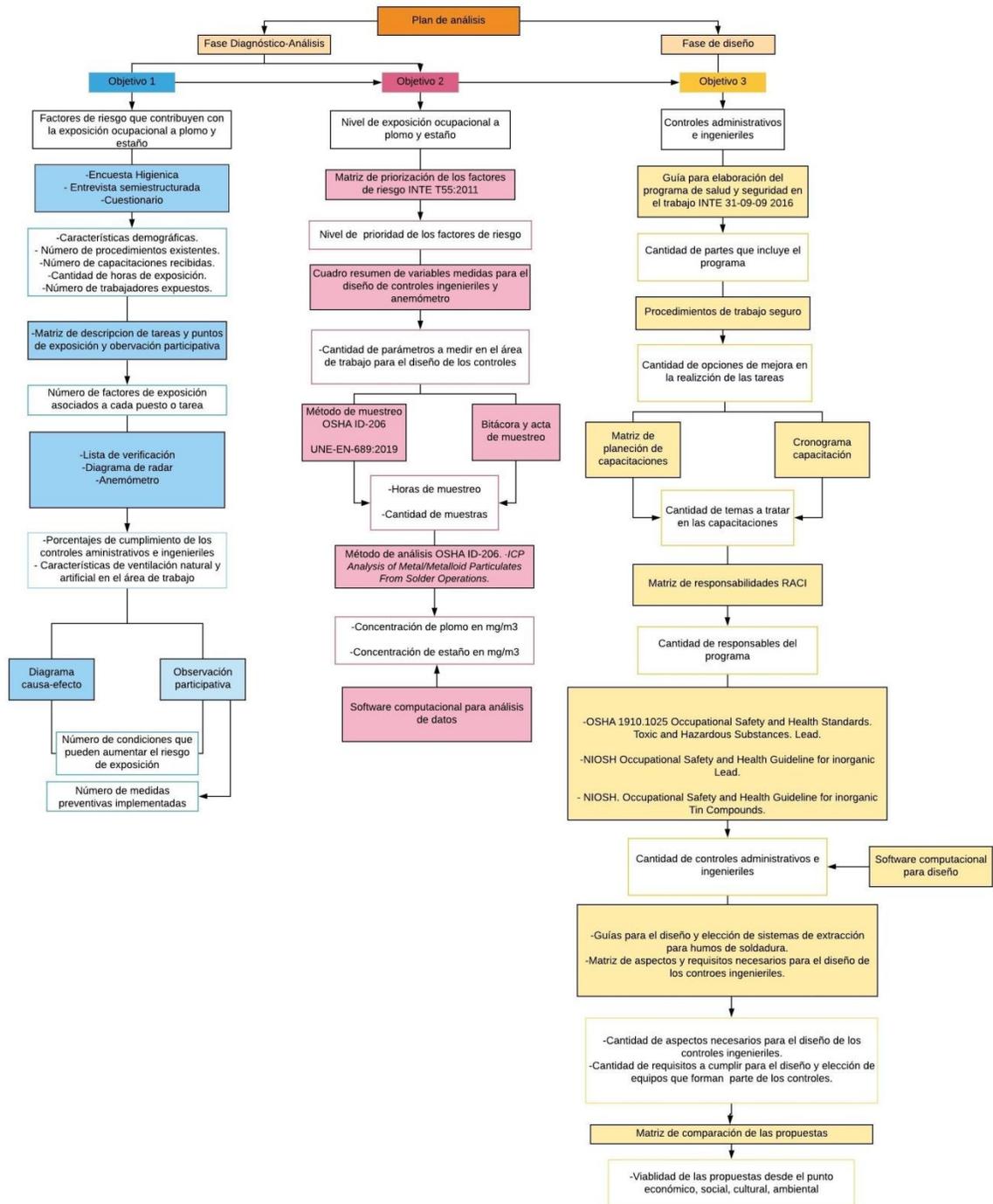


Figura III-1. Plan de análisis del proyecto

## **G. Plan de análisis**

A continuación, se describe el plan de análisis por cada uno de los objetivos específicos planteados.

### **Fase de diagnóstico y análisis**

**Objetivo 1. Determinar los principales factores de riesgo que contribuyen con la exposición ocupacional a plomo y estaño en la nueva línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.**

Para poder conocer los factores que contribuyen con la exposición ocupacional a plomo y estaño se utilizaron las siguientes herramientas:

- Encuesta higiénica.
- Entrevista semiestructurada.
- Observación participativa.
- Cuestionario a los trabajadores.
- Matriz de descripción de tareas y puntos de exposición.
- Lista de verificación basada en la guía del INSHT.
- Diagramas de radar.
- Diagrama causa-efecto.

Inicialmente se aplicó una encuesta higiénica (ver apéndice 5), un cuestionario a los trabajadores (ver apéndice 6) y una entrevista semiestructurada (ver apéndice 9) a la coordinadora de EHS con la finalidad de recolectar información relevante que permita conocer el proceso y la forma en que se organiza el trabajo. A partir de estas herramientas se determinaron factores operacionales, organizaciones y relacionados con controles administrativos como la cantidad de procedimientos de trabajo existentes, las capacitaciones que han recibido los trabajadores, el número de trabajadores expuestos a los contaminantes y las horas de exposición.

Para identificar el número de factores relacionados con la exposición ocupacional a plomo y estaño en cada una de las tareas de la línea de producción se realizó una observación participativa (ver apéndice 7) y se completó una matriz de descripción de las tareas y puntos de exposición (ver apéndice 8). La herramienta permitió entender las tareas que se realizan e identificar aquellas tareas que poseen más cantidad de factores de riesgo.

Se calculó el porcentaje de cumplimiento de las medidas preventivas existentes a partir de una lista de verificación basada en la Guía para la Evaluación y Prevención de Riesgos relacionados con los Agentes Químicos presentes en los lugares de trabajo del INSHT (ver apéndice 10) y diagramas de radar. Estas herramientas además brindaron oportunidades de mejora al detectar medidas necesarias que no han sido implementadas. Permitted caracterizar variables importantes para el diseño de controles ingenieriles como lo son las características de ventilación natural y artificial en el área de trabajo, implementación de controles administrativos, características del área de trabajo, entre otros. Los porcentajes de cumplimiento se calcularon a partir de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cumplimiento} = \frac{\# \text{ de ítems cumplidos}}{\# \text{ total de ítems}} * 100$$

Finalmente, toda la información recolectada a partir de las herramientas es analizada y se determinan factores del entorno laboral, personales, operacionales, organizacionales y factores asociados a controles administrativos e ingenieriles. Todos estos se resumen en un diagrama de Ishikawa para determinar el número de factores que pueden aumentar la exposición.

**Objetivo 2. Evaluar el nivel de exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño en la nueva línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.**

Con la finalidad de evaluar el nivel de exposición ocupacional respiratoria al plomo y estaño que tienen los trabajadores en la línea de producción Teradyne se utilizaron las siguientes herramientas y métodos:

- Matriz de priorización de los factores de riesgo.
- Cuadro resumen de las variables medidas para el diseño de los controles ingenieriles.
- Método de muestreo para metales pesados OSHA ID-206.
- UNE-EN-689:2019+AC
- Bitácora y acta de muestreo.
- Método de análisis OSHA ID-206. *ICP Analysis of Metal/Metalloid Particulates from Solder Operations.*

Inicialmente, fue necesario conocer el nivel de prioridad de los factores de riesgo que contribuyen con la exposición que se determinaron como parte del objetivo anterior. Para esto se realizó una matriz de priorización basada en la INTE T55:2011 (ver apéndice 11) que permitió priorizarlos para enfocar los controles administrativos e ingenieriles según sea mayor la necesidad.

Como parte de la evaluación se requirió medir variables en el área de trabajo como la temperatura, velocidad del aire, dimensiones del área de trabajo, entre otros. Todo esto con la finalidad de contar con todos los datos necesarios para el diseño de los controles ingenieriles y administrativos. Para esto se utilizó un cuadro resumen (ver apéndice 12) en el cual se indican todas las variables medidas para ser utilizadas en el diseño. Se midió la velocidad del aire en diferentes puntos del cuarto como estaciones de trabajo y área donde se realiza el mantenimiento, para esto se

utilizó un anemómetro de hilo caliente y se tomaron 10 mediciones por punto las cuales posteriormente fueron promediadas.

El muestreo en el campo se realizó a partir de una estrategia de muestreo basado en el método OSHA ID-206 para muestreo de metales pesados, la norma UNE-EN-689:2019+AC así como una bitácora y acta de muestreo (ver apéndices 13 y 14). El método y la norma fueron útiles para definir las horas de muestreo y la cantidad de muestras. La bitácora de muestreo aseguró un control sobre las muestras y las condiciones de medición, de igual forma fue útil para documentar observaciones relevantes para el análisis.

El muestreo fue realizado por el laboratorio Lambda que pertenece al grupo *AGQ Labs*, se realizó en dos días diferentes, el primer día se tomaron tres muestras en los trabajadores de mantenimiento. El segundo día se tomaron tres muestras en las trabajadoras de re trabajo. Para ambos grupos de exposición similar se muestreó al menos el 70% de la jornada.

Posteriormente las muestras recolectadas se analizaron en el laboratorio contratado mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica que establece el método de análisis OSHA ID-206. Se obtuvo la concentración de plomo y estaño en  $\text{mg}/\text{m}^3$  de cada una de las muestras. Los resultados se generaron en un informe para su posterior análisis.

A partir de los resultados, fue necesario utilizar herramientas estadísticas de análisis como medidas de tendencia central, software estadístico, entre otros.

### **Fase de diseño**

**Objetivo 3. Diseñar propuestas de control ingenieriles y administrativas en un programa para la disminución de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la nueva línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.**

Una vez realizado el diagnóstico de las condiciones y el análisis de los resultados de exposición se procede a la fase de diseño. Para el diseño de los controles administrativos e ingenieriles se utilizaron las siguientes herramientas:

- Guía para la elaboración del programa de salud y seguridad en el trabajo de acuerdo con la INTE 31-09-09-2016.
- Procedimientos de trabajo.
- Matrices de planeación de capacitaciones.
- Cronograma de capacitaciones.
- Matriz de responsabilidades RACI.
- *OSHA 1910.1025 Occupational Safety and Health Standards. Toxic and Hazardous Substances. Lead.*
- *NIOSH Occupational Safety and Health Guideline for inorganic Lead.*
- *NIOSH Occupational Safety and Health Guideline for inorganic Tin Compounds.*
- Guías para el diseño y elección de sistemas de extracción para humos de soldadura y ventilación en el área de trabajo: *Lincoln Environmental Systems, HVAC Duct Construction Standards, Weller*, entre otros.
- Matriz de aspectos y requisitos necesarios para el diseño de los controles ingenieriles.
- Matriz de comparación de las propuestas.

Para realizar el programa se utilizó la guía para la elaboración del programa de salud y seguridad en el trabajo con la norma INTE 31-09-09:2016. De igual forma con esta guía se obtuvo la cantidad de partes que incluye el programa.

Se realizaron procedimientos de trabajo para determinar la cantidad de mejoras en la realización de las tareas. De igual forma la cantidad de capacitaciones se estableció en función a una matriz de planeación de capacitaciones (ver apéndice 15) en las cuales se indicaron datos importantes como objetivos por lograr, temas a tratar, recursos necesarios, duración de la capacitación, entre otras. También se

utilizó un cronograma de capacitaciones para determinar el número de capacitaciones y establecer un orden.

La cantidad de responsables del programa se definió a partir de una matriz de responsabilidades (ver apéndice 16). La matriz incluyó los diferentes involucrados que tienen un papel importante en el programa y las funciones que cada participante deberá llevar a cabo para procurar el mantenimiento y la eficacia del mismo.

Los controles administrativos e ingenieriles que formen parte del programa fueron diseñados a partir de las herramientas anteriores y la información recolectada en la fase de diagnóstico y análisis. Como guía para el diseño se utilizaron normas técnicas de prevención NTP y guías de evaluación y control establecidas por OSHA. Se utilizó además el Software de dibujo Sketchup<sup>®</sup> para la representación gráfica del diseño ingenieril.

Además, para diseñar los controles ingenieriles fue necesario determinar los aspectos necesarios y la cantidad de requisitos a cumplir, por ejemplo, el caudal requerido en sistemas extracción, dimensiones, eficiencia energética, utilidad, cumplimiento de estándares, entre otros. Para esto se utilizó una matriz de aspectos y requisitos necesarios para el diseño de los controles (ver apéndice 17) y guías para el diseño y selección de sistemas de extracción para humos de soldadura.

Finalmente, para elegir la mejor propuesta se utilizó una matriz en la cual se compararon las diferentes opciones analizando aspectos de salud, seguridad, ambiente, económicos, sociales, culturales y estándares. De igual forma se analizaron aspectos de cumplimiento con la normativa (ver apéndice 18). De esta manera fue posible asegurar la mejor solución al problema tomando en cuenta los recursos y las características específicas del proceso.

#### **IV. Análisis de la situación actual**

A continuación, se presenta el análisis de la situación actual con base en la información recolectada y los resultados del muestreo de contaminantes.

##### **A. Determinación de factores de riesgo que contribuyen con la exposición ocupacional a plomo y estaño**

A continuación, se analizan los factores de riesgo determinados.

###### **1. Factores asociados al entorno laboral**

Inicialmente, utilizando la lista de verificación se valoraron las características del área donde los trabajadores realizan sus tareas con la finalidad de determinar si existen factores del entorno laboral que contribuyan con la exposición a plomo y estaño. El área donde se encuentra la línea de producción de Teradyne es cerrada y separada de las demás partes de la empresa. Posee un área de aproximadamente 113 m<sup>2</sup> en la cual se distribuyen distintas máquinas y estaciones de trabajo. Utilizando la lista de verificación se evaluaron aspectos de la planta física, señalización y seguridad de la maquinaria. A partir de esta herramienta se calcularon porcentajes de cumplimiento cuyos resultados se explican a continuación.

En cuanto a la seguridad de la maquinaria el cumplimiento fue de un 100%, esto se justifica ya que son máquinas de alta tecnología y muy nuevas, por lo que traen incorporados una gran cantidad de dispositivos de seguridad para la prevención de accidentes y el control de la exposición. Las máquinas traen incorporados sistemas de extracción localizada a lo interno para prevenir la emisión de humos de soldadura durante su funcionamiento normal.

Además, según indicó la coordinadora de EHS en la entrevista semiestructurada que se le realizó, se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo de las máquinas con la finalidad de que estas se encuentren en buen estado y seguras. Esto permite que los sistemas de extracción que traen

incorporados para disminuir la exposición se encuentren en buen estado y cumplan con su función. Este plan lo maneja específicamente un departamento encargado del mantenimiento preventivo de los equipos y responden a los manuales y fichas técnicas de los mismos.

De igual forma para la planta física el cumplimiento es de un 100%, en este apartado se consideraron aspectos como separación del área de Teradyne de las demás partes de la empresa, características del suelo y paredes del recinto, características de las estaciones de trabajo, ventanas y puertas que impidan la salida de humos, entre otras. El área cuenta con dos puertas que sirven como medio de ingreso y egreso, ambas se mantienen cerradas todo el tiempo para evitar que los humos salgan del recinto, de igual forma las ventanas son cerradas únicamente con fines de que ingrese claridad, pero no permiten la salida de los contaminantes. En cuanto a la señalización, nuevamente el porcentaje de cumplimiento es de un 100% ya que en el área existe la señalización indicada por normativa y esta es clara y visible.

## **2. Factores asociados a aspectos personales y vigilancia a la salud**

Se aplicó un cuestionario a 12 trabajadores que pertenecen de forma definitiva a la línea de producción de Teradyne, este permitió determinar factores personales que contribuyen con la exposición a Pb y Sn. Algunos de los trabajadores encuestados tienen también a cargo otros proyectos pues son ingenieros de calidad, ingenieros de procesos, técnicos de ingeniería entre otros.

Se determinó como un posible factor personal la actitud que los trabajadores toman ante el riesgo y las medidas preventivas. Se les consultó a los trabajadores en qué medida consideran que es importante conocer los riesgos a los que se exponen e implementar medidas de prevención a lo cual el 100% indicó que es muy importante. Sin embargo, de forma contradictoria mediante otras herramientas se determinó que muchas veces los trabajadores no siguen instrucciones de seguridad por realizar las cosas de forma más rápida o porque no le dan la importancia

necesaria de forma que no hay una cultura de seguridad y prevención fuerte pudiendo influir sus acciones en un aumento de la exposición.

En cuanto a la vigilancia de la salud se les consultó a los trabajadores si han padecido frecuentemente de síntomas relacionados con la exposición a metales pesados como el Pb y Sn. Algunos trabajadores indicaron tener uno o varios síntomas como se muestra en el apéndice 19. El síntoma que más se indica 33% son dolores de cabeza, le siguen la irritabilidad, dificultad para concentrarse, cansancio muscular y dolor abdominal todos estos con un 16%. Ningún trabajador indicó tener todos los síntomas. Seis trabajadores, lo que equivale a un 50% de los encuestados indicaron que no han tenido ninguno.

Continuando con lo anterior, es importante considerar que como se indica en el marco teórico un indicador de la exposición a Pb y Sn es el padecimiento de varios síntomas a la vez, ninguno de los trabajadores manifestó esa situación. Por tanto, es posible que los síntomas mencionados por los trabajadores no estén directamente relacionados con la exposición a estos contaminantes. Síntomas como dolores de cabeza, cansancio muscular e irritabilidad que fueron los más mencionados pueden deberse también a otros factores como la carga de trabajo, estrés u otras alteraciones de salud por lo que no es posible establecer una relación directa con la exposición.

Es importante mencionar que al inicio de la operación de esta línea de producción se les realizó a los trabajadores una serie de exámenes médicos para descartar antecedentes de Pb en sangre por exposiciones previas y todos resultaron no detectables lo que indica que los trabajadores no poseen concentraciones de Pb en sangre por exposiciones anteriores. Sin embargo, estos exámenes no se han vuelto a repetir pues no existe un procedimiento de vigilancia a la salud establecido lo que dificulta establecer relaciones sobre si los síntomas se asocian específicamente a la exposición a Pb y Sn.

### **3. Factores operacionales y organizacionales**

En cuanto a factores operacionales se evaluaron todos aquellos aspectos referentes a la realización de las tareas que pueden contribuir con la exposición ocupacional a plomo y estaño. Como factores organizacionales se consideran aquellos referentes al proceso productivo y su organización.

Iniciando con los factores organizacionales definitivamente uno de los aspectos más importantes es que al ser un proceso nuevo en la empresa hay muy poca experiencia en cuanto a medidas de prevención para trabajar con estas sustancias. Además, las tareas no están definidas con exactitud y constantemente están cambiando por órdenes de ingeniería, calidad y otros departamentos. Algunas veces estos cambios no son comunicados con anterioridad a la coordinadora de EHS lo que provoca que se dificulte tener un control y tomar medidas con anticipación.

Por otra parte, de acuerdo con la información obtenida de la encuesta higiénica y la entrevista semiestructurada es común que los trabajadores roten entre tareas de acuerdo con las necesidades de producción del momento. Esto implica que los roles de muchos trabajadores no están definidos lo que provoca que en ocasiones los trabajadores realicen labores para las que no están lo suficientemente entrenados pudiendo causar que la exposición aumente.

Es importante también considerar la cantidad de trabajadores expuestos y las horas de exposición. A partir de la encuesta higiénica y la entrevista semiestructurada se determinó que la mayoría de trabajadores operarios tienen un horario de ocho horas diarias y 48 horas semanales. En cuanto a los trabajadores que realizan tareas más administrativas o de inspección como técnicos de ingeniería e ingenieros estos cuentan con una jornada de diez horas diarias y 48 horas semanales.

Continuando con lo anterior, en épocas de elevada producción se han trabajado horas extra a las jornadas ordinarias. El problema radica en que no existe

un orden definido en la distribución de las mismas, sino se realiza de acuerdo a la necesidad. Esto definitivamente puede contribuir a que la exposición sea mayor. Se le consultó a los 12 trabajadores encuestados en qué momentos de su jornada podrían verse expuestos a los contaminantes, de forma equitativa un 33% indicó que podrían verse expuestos a los contaminantes durante toda su jornada. Al realizar las comparaciones respectivas con los puestos se determinó que estos corresponden a operarios en las áreas de SMT y THT, en tareas como colocación de la pasta de soldadura, ensamble y micro soldadura manual.

De igual forma un 33% que pertenecen a trabajadores con puestos más administrativos indicaron que podrían verse expuestos ocasionalmente durante visitas al área y el 33% restante indicaron que se pueden exponer al realizar tareas de mantenimiento. Estos datos implican que otros trabajadores que no necesariamente pasan a tiempo completo en la línea también podrían estarse exponiendo a Pb y Sn.

Por otro lado, para analizar factores operacionales se completó una matriz en donde se muestran los diferentes puntos de exposición asociados a las diferentes tareas (ver apéndice 20). Es necesario trabajar de forma prioritaria en aquellas donde hay mayor cantidad de puntos de exposición que no han sido controlados y que se realizan con mayor frecuencia.

Como se puede observar en la matriz hay tareas en las cuales no existe del todo exposición a Pb y Sn, este es el caso de tareas como etiquetado, depanelización y lavado de tarjetas. Algunas otras tareas implican contacto con pasta de soldadura, por ejemplo, en la colocación de la pasta en el molde, sin embargo, en este punto la soldadura se encuentra en estado sólido y al no estar expuesta a altas temperaturas no emanan humos. Es importante recordar según se indicó en el marco teórico que las vías de ingreso de estos metales son ingestión e inhalación, por lo tanto, el riesgo que existe en la tarea de colocar la pasta de soldadura en el molde es

que los trabajadores luego se lleven las manos a la boca e ingieran cantidades de estos metales.

Las tareas que tienen mayor cantidad de puntos de exposición son las de re trabajo, pruebas de soldabilidad y mantenimiento. En estas se considera que la probabilidad de emanación de humos de soldadura es alta pues hay calor de por medio. Las pruebas de soldabilidad no se realizan diariamente, sino, cuando se requiera para verificar algún aspecto, además, la estación está muy controlada mediante extracción localizada. Según se determinó en la observación participativa de esta tarea la duración es de pocos minutos.

La tarea de re trabajo se realiza de forma constante a lo largo de toda la jornada por trabajadores que han sido entrenados para esto. La cantidad de horas que se re trabaja cada tarjeta depende de la cantidad de correcciones que se deben de realizar. En el anexo 3 se puede observar una fotografía como ejemplo de una tarjeta que se debe de re trabajar, cada marca roja es una zona a corregir, el tiempo estimado por punto es variable (ver anexo 3).

Para la tarea de mantenimiento, mediante la observación participativa se determinó que esta se realiza de forma semanal y tiene una duración de aproximadamente cuatro horas. El tanque de soldadura queda totalmente expuesto, la soldadura se encuentra a una temperatura de aproximadamente 300 grados Celsius por lo que la probabilidad de que emanen humos que lleguen a los trabajadores es alta. Para esta tarea la única medida preventiva con la que se cuenta es el uso de equipo de protección personal, no hay controles ingenieriles en la fuente de emanación. Además, es preocupante que, al no existir control en la fuente, los humos podrían expandirse en todo el cuarto creando una atmósfera peligrosa para las demás personas.

#### 4. Factores asociados a controles administrativos

Para el caso de los controles administrativos se evaluaron aspectos como la cantidad de procedimientos existentes, aspectos de limpieza y número de capacitaciones recibidas, así como también el número de medidas preventivas implementadas. Mediante la lista de verificación se evaluaron tres aspectos referentes a controles administrativos los cuales son prácticas de trabajo, limpieza y orden y capacitaciones.

A partir de ellos se calcularon porcentajes de cumplimiento que pueden observarse en el siguiente diagrama de radar. La línea azul representa la condición óptima (un 100% de cumplimiento) y la línea rosada la condición real que es el porcentaje de cumplimiento obtenido.

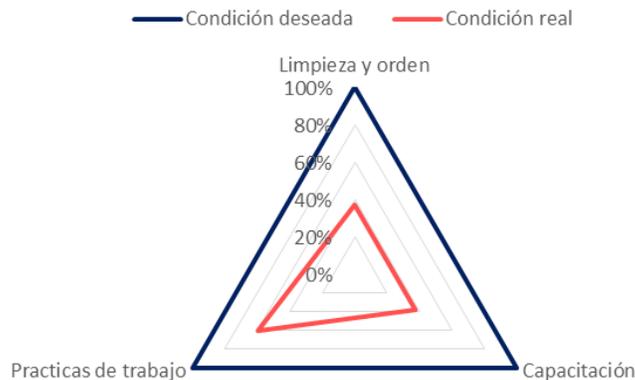


Figura IV-1. Diagrama de radar para cumplimiento de controles administrativos

En cuanto a las prácticas de trabajo, se tiene un cumplimiento del 60%. Inicialmente mediante el cuestionario se les consultó a los trabajadores si cuentan con procedimientos por escrito para realizar las tareas de forma más segura a lo que un 92% de los trabajadores indicó que no. La coordinadora de EHS mediante la entrevista semiestructurada indicó que todos los trabajadores cuentan con un procedimiento de trabajo. Dicho procedimiento consiste en una guía de los pasos que deben de seguir y en él se incluyen aspectos de seguridad, sin embargo, estos van dirigidos más a la prevención de accidentes que a la minimización de exposición

a Pb y Sn, de modo que realmente no se cuenta con procedimientos enfocados a disminuir la exposición.

En cuanto al orden y limpieza, un aspecto muy importante que se debe de considerar a la hora de trabajar con metales pesados es la limpieza de superficies de trabajo pues como se mencionó en el marco teórico una de las vías de ingreso es la ingesta. Por tanto, si existen residuos de Pb y Sn en las superficies de trabajo los trabajadores podrían tenerlo en sus manos y llevárselos fácilmente a la boca. Teniendo en cuenta esta situación, se les consultó a los trabajadores si se les ha brindado un procedimiento de limpieza de superficies de trabajo a lo que el 100% de los encuestados indicó que no. La limpieza la realizan a criterio personal cuando se acuerdan o creen que es necesario y no conocen como realizarla de forma correcta, por tanto, este factor podría contribuir con la exposición a Pb y Sn.

En lo que se refiere la capacitación de los trabajadores mediante el cuestionario y la entrevista semiestructurada se evidenciaron deficiencias. Los trabajadores han sido entrenados específicamente en lo que a realizar sus tareas se refiere, sin embargo, no han recibido capacitaciones respecto a los riesgos a los que se exponen en su trabajo y de qué forma pueden minimizarlos. Como se mencionó en el marco teórico, es importante recordar que la capacitación es uno de los elementos más importantes para disminuir la generación de accidentes y minimizar la exposición a contaminantes, esta logra que el trabajador desarrolle capacidades que favorezcan su salud y seguridad, además, funciona como un complemento sumamente necesario a los controles ingenieriles.

Se le consultó a coordinadora de EHS cómo se planean y brindan las capacitaciones para los trabajadores de esta línea, ella indicó que siempre cuando ingresa un nuevo trabajador se le brinda un entrenamiento de seguridad y salud en el trabajo. Esta capacitación está incluida en la matriz de capacitaciones que administra el Departamento de Recursos Humanos, en ella se abarcan temas generales y más que todo en relación al plan de emergencias. Sin embargo, son pocos los

trabajadores a los que se les han realizado capacitaciones formales en relación a los riesgos de trabajar con Pb y Sn y como minimizar la exposición.

Como parte del cuestionario se preguntó a los trabajadores si conocen los riesgos asociados a los químicos a los que se exponen. Al analizar los resultados se obtuvo que solo un 16% de los trabajadores conoce con exactitud los riesgos y un 67% los conoce de forma parcial pues al preguntarles cuales son estos riesgos solamente indicaban la posibilidad de desarrollar cáncer. Como se indica en el marco teórico, es muy importante asegurarse de que los trabajadores conozcan los riesgos a los que se exponen para que así hagan conciencia sobre la importancia de seguir las medidas preventivas necesarias.

De igual forma se les consultó sobre aspectos básicos para trabajar con sustancias químicas como lo es el conocimiento de hojas de datos de seguridad, (MSDS), interpretación de etiquetas, forma correcta de limpiar las superficies de trabajo, forma correcta de utilizar equipo de protección personal, entre otras. Se determinó que solamente cuatro trabajadores han recibido varias de estas capacitaciones, por lo que es preocupante que no todos las han recibido por igual ni han trabajado todos los temas. Al realizar comparaciones de las capacitaciones que se han recibido con los puestos de trabajo se determinó que los trabajadores en puestos de operarios han recibido menos capacitación que los trabajadores que realizan funciones administrativas.

Por otra parte, la comunicación es un aspecto que se determinó deficiente pues no se establecen formas oportunas de comunicar los riesgos y las medidas preventivas a los trabajadores, por ejemplo, la colocación de rotulación informativa que ayude a los trabajadores a recordar medidas de prevención importantes que pueden ayudar en gran medida a disminuir la exposición. Esto se considera una buena práctica de trabajo importante de implementar pues al tener la información visible y al alcance ayuda a los trabajadores a recordarlo constantemente.

Finalmente, es importante mencionar que a partir de la encuesta higiénica y la entrevista semiestructurada se determinó que no existe un programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño de los trabajadores en la línea de producción. De igual forma no existen procedimientos establecidos para vigilancia de la salud, evaluaciones de exposición, entre otros. Esto dificulta establecer un orden en cuanto a controles administrativos e ingenieriles para minimizar la exposición y cuidar su salud.

## **5. Factores asociados a controles ingenieriles**

Inicialmente, mediante la lista de verificación se evaluaron aspectos de las condiciones de ventilación y controles ingenieriles. Esto además se complementó mediante las observaciones participativas y el cuestionario que se realizó a los trabajadores. El porcentaje de cumplimiento para las condiciones de ventilación fue de un 83%, uno de los aspectos que disminuyó el porcentaje es que se debe aumentar el retorno del aire en el cuarto para asegurar la dilución de los contaminantes. Sin embargo, este es un aspecto que está a cargo del Departamento de Facilidades. (Ver anexo 4)

Otro aspecto que disminuyó el cumplimiento es que se determinó que no se cuenta con sistemas de extracción localizada en focos de emisión importantes como lo es el caso de la exposición del tanque de soldadura en tareas de mantenimiento. Esto representa un riesgo no solamente para los trabajadores que realizan dichas tareas, sino, también para las demás personas pues los humos se esparcen por el cuarto y podrían generar una atmósfera peligrosa. De igual forma esto perjudica a la empresa pues se debe de detener por completo el proceso para que los trabajadores salgan del área lo que representa pérdidas económicas. Si se logra capturar los contaminantes a la salida del tanque los humos no se esparcirían y no sería necesario detener todo el proceso.

Es muy importante mencionar que en el momento de aplicar la lista de verificación tampoco se contaba con equipos de extracción en las estaciones de re

trabajo. Sin embargo, debido a una solicitud de la empresa como parte del presente proyecto se adelantó la fase de diseño para colocar un control ingenieril en este punto, los detalles de esta implementación se muestran más adelante en el apartado de alternativas de solución.

## **6. Factores asociados a equipo de protección personal**

En cuanto al uso del equipo de protección personal el porcentaje de cumplimiento obtenido a partir de la lista de verificación es muy bajo, solo de un 11%. En este porcentaje influyen varios aspectos. Inicialmente el equipo de protección personal no fue elegido específicamente con base en las características propias del nuevo proceso y las propiedades de los contaminantes, sino, que de cierto modo se utiliza equipo que se encuentra en reserva para tareas de otras líneas en donde se manejan químicos diferentes y en condiciones distintas.

Por otra parte, se determinó que el equipo de protección personal no se encuentra al alcance de los trabajadores en el momento que se requiere. Las observaciones participativas permitieron identificar que algunos trabajadores no lo utilizan al hacer una tarea rápida pues indican que pierden mucho tiempo buscándolo y les desajusta el horario programado, de forma que la exposición a los contaminantes podría ser mayor.

Otra deficiencia que se determinó mediante el cuestionario es que un 42% de los trabajadores indican que no saben la forma correcta de colocarse el equipo por lo que algunas veces acuden a solicitar ayuda de un compañero o se lo colocan sin estar seguros de que esté bien. Además, un 92% indicó que no conocen el mantenimiento adecuado, así como la forma de almacenar el equipo y el 100% no conoce cómo identificar cuando el equipo culmina su vida útil y es necesario cambiarlo. Estos aspectos son importantes pues utilizar el equipo de forma incorrecta, no almacenarlo correctamente o utilizarlo cuando ya haya finalizado su vida útil causa que su eficacia disminuya, lo que podría contribuir a que aumente la exposición ocupacional a Pb y Sn.

Finalizando con el análisis de los factores que contribuyen con la exposición, a modo de resumen según lo que indicó la coordinadora de EHS y las observaciones participativas se determinaron como medidas preventivas el uso de equipo de protección personal (EPP), sistemas de extracción localizados en los puntos mencionados anteriormente (interior de la máquina de soldadura en ola y en estaciones de pruebas de soldabilidad), sistema de ventilación general y aislamiento del proceso de las demás áreas. Los factores de riesgo que contribuyen con la exposición determinados se muestran en el siguiente diagrama de Ishikawa.

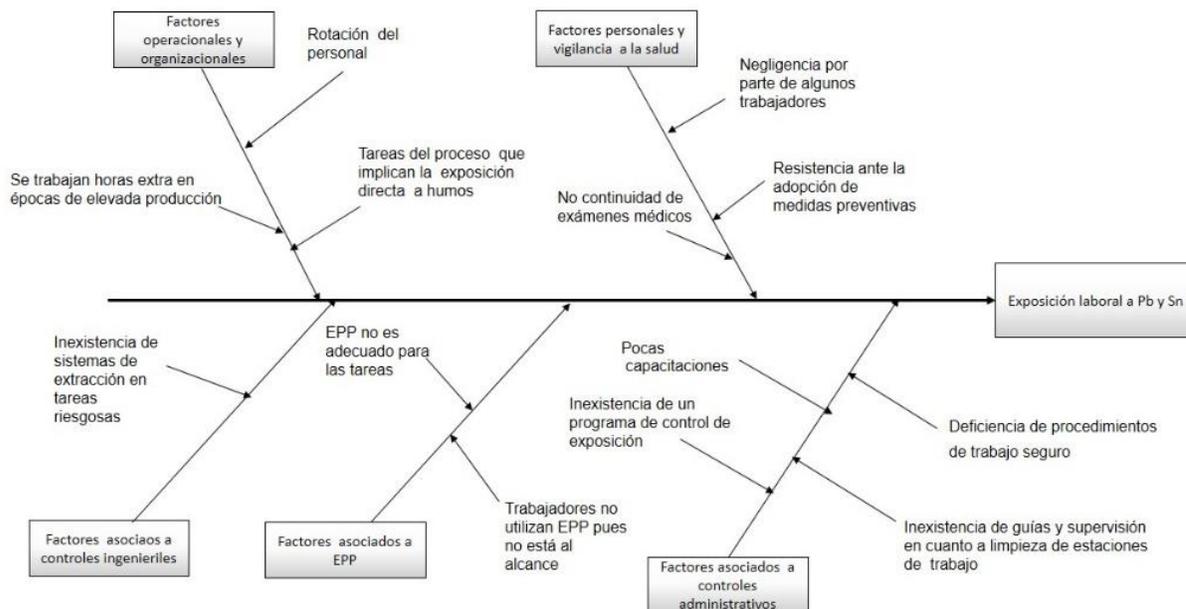


Figura IV-2. Diagrama de Ishikawa factores contribuyentes con la exposición

Los factores indicados en el diagrama anterior son a su vez a las principales causas que originan el problema de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de Teradyne. A modo de resumen los efectos principales de estas causas consisten en el aumento de la exposición, inseguridad de los trabajadores que pertenecen a la línea, retrasos en la producción y por ende disminución en la productividad.

## B. Nivel de exposición ocupacional a plomo y estaño

A continuación, como parte del nivel de exposición ocupacional a Pb y Sn se presenta la priorización de factores de riesgo, variables medidas para el diseño de los controles y los resultados de evaluación de exposición.

### 1. Priorización de factores de riesgo que contribuyen con la exposición

Como parte de la evaluación del nivel de exposición ocupacional, inicialmente se priorizan los 13 factores de riesgo determinados. Utilizando una matriz de priorización basada en la norma INTE T55 se determinaron un total de ocho factores (61%) en zona roja (no aceptable), un factor (8%) en zona amarilla (no aceptable o aceptable con control específico) y cuatro factores (31%) en zona verde. (Ver apéndice 21). Los factores en zona roja y amarilla se resumen en el siguiente recuadro.

Cuadro IV-1. Factores de riesgo prioritarios

Factor	Clasificación	Nivel de riesgo
Tareas del proceso que involucran exposición a humos de soldadura	Factor operacional	No aceptable
No continuidad de exámenes médicos	Factor asociado a vigilancia médica	No aceptable
Inexistencia de sistemas de extracción en tareas riesgosas	Factor asociado a controles ingenieriles	No aceptable
EPP inadecuado para las tareas	Factor asociado a EPP	No aceptable
EPP no está al alcance	Factor asociado a EPP	Aceptable con control
Inexistencia de un programa de control de la exposición	Factores asociados a controles administrativos	No aceptable
Escases de capacitaciones	Factores de controles administrativos	No aceptable
Inexistencia de guía y supervisión de limpieza de estaciones de trabajo	Factores asociados a controles administrativos	No aceptable
Deficiencia de procedimientos	Factores de controles administrativos	No aceptable

Como se puede observar, los factores que contribuyen con la exposición corresponden mayoritariamente a deficiencias en controles ingenieriles como es la falta de controles en fuentes que generan humos de soldadura. También se encontraron factores relacionados con el equipo de protección personal y asociados a controles administrativos como la inexistencia de un programa de control de exposición, escases de capacitaciones y deficiencia de procedimientos. De igual forma se encuentra un factor operacional el cual es la existencia de tareas que

involucran exposición directa a humos de soldadura, este factor se relaciona exclusivamente con la naturaleza del proceso y va de la mano con la deficiencia de controles ingenieriles.

## **2. Variables medidas para el diseño de los controles**

En el apéndice 22 se presenta un cuadro resumen con las variables medidas para el posterior diseño de los controles administrativos e ingenieriles. Para los controles ingenieriles se consideraron aspectos relacionados con las dimensiones del área en general y de las estaciones de trabajo, características del área como temperatura, velocidad del aire, entre otros. Como se puede observar la velocidad promedio del aire dentro del cuarto de Teradyne es de 0,3 m/s en un rango de 0,1 m/s a 0,8 m/s, esta se determinó mediante el uso de un anemómetro de hilo caliente y se tomaron un total de quince mediciones en diferentes puntos. Esta velocidad es un aspecto positivo para el diseño pues indica que las corrientes del recinto que puedan dispersar los contaminantes son poco probables. El anemómetro también permitió cuantificar la temperatura dentro del cuarto obteniendo que la temperatura ronda los 22 grados Celsius.

Para los controles administrativos se consideran variables como edad y grado de escolaridad de los trabajadores. Como se puede observar los trabajadores son jóvenes mayoritariamente en el rango de 18 a 31 años, además tienen al menos secundaria completa. Esto es muy importante pues permitirá contemplar estas características en el diseño de las capacitaciones y procedimientos.

## **3. Resultados de evaluación de exposición ocupacional respiratoria**

A continuación, se muestran los resultados de la evaluación de exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño, realizados en los grupos de exposición similar: re trabajo y mantenimiento. Es importante recordar que este muestreo en lo referente al trabajo de campo y analítico fue realizado por Laboratorio Químico Lambda que pertenece al grupo *AGQ Labs* y se tomó un total de tres muestras para cada grupo de exposición similar durante al menos el 70% de la jornada.

Dado de que la cantidad de datos para ambos grupos de exposición no es suficiente para realizar pruebas de normalidad (se requieren al menos siete datos) se asume que el comportamiento de los datos sigue una distribución logarítmica. De igual forma, el cálculo de un estimador de máxima verosimilitud (MLE por sus siglas en inglés) y los límites de confianza inferior y superior (LIC y LSC) no son adecuados en casos en que se maneja una cantidad de datos menor a siete.

Sin embargo, en el apéndice 23 se muestra una memoria de cálculo de los límites de confianza, estimador de máxima verosimilitud y gráfico de cajas con los datos que se tienen hasta el momento para que pueda ser utilizado posteriormente cuando aumente el número de evaluaciones de exposición y de esta forma obtener resultados de cumplimiento con los estándares de calidad ambiental con un enfoque más probabilístico. De igual forma se muestra en el apéndice 24 una guía para el recalcu de la muestra en caso de que el resultado se encuentre en zona de indecisión. Para ambos grupos de exposición similar se realiza una comparación individual de cada una de las concentraciones contra el 10% del TLV-TWA como establece la norma española UNE-EN 689:2019+AC. En el apéndice 25 se especifican todos los parámetros que especifica la norma.

### **A. Grupo de exposición similar re trabajo**

Los resultados de concentración de Pb y Sn en  $\text{mg/m}^3$  de las muestras tomadas a los trabajadores de re trabajo se observan en el siguiente cuadro.

Cuadro IV-2. Resultados de concentración de Pb y Sn en el grupo de re trabajo

Puesto de muestreo	Identificación de la muestra	Plomo ( $\text{mg/m}^3$ )	Estaño ( $\text{mg/m}^3$ )
Teradyne	Muestra #1	0,00010	<0,002
Teradyne	Muestra #2	0,00017	<0,002
Teradyne	Muestra #3	0,00003	<0,002

Como se puede observar en el cuadro anterior, la muestra #1 y la muestra #2 presentan concentraciones de plomo mayores a la muestra #3. Esto podría justificarse por el hecho de que las trabajadoras asociadas a esas muestras durante

todo el tiempo de muestreo además de re trabajar las tarjetas mediante micro soldadura manual realizaban una limpieza de las mismas utilizando aplicadores.

Para realizar la limpieza de tarjetas las trabajadoras retiraban la tarjeta del área de soldadura en la estación de trabajo y se la llevaban muy cerca de su cara para limpiar el polvo de soldadura depositado en las mismas. Al colocar la tarjeta cerca de la cara no ajustaban la campana de extracción, por lo que en ese punto no había extracción de las partículas lo que pudo ocasionar que se depositaran una mayor cantidad de material en el dispositivo de captura. A continuación, se muestra un cuadro de comparación de las concentraciones obtenidas contra el 10% del TLV-TWA. Es importante mencionar que se corrigió el TLV-TWA de plomo ( $0,05 \text{ mg/m}^3$ ) y estaño ( $2 \text{ mg/m}^3$ ) pues la jornada laboral es de 10 horas diarias, 48 horas semanales obteniendo un TLV-TWA de  $0,035 \text{ mg/m}^3$  para plomo y  $1,4 \text{ mg/m}^3$  para estaño.

Cuadro IV-3. Comparación de concentraciones de re trabajo contra el 10% del TLV-TWA

Resultados obtenidos			Parámetros de comparación según norma	
ID de la muestra	Plomo ( $\text{mg/m}^3$ )	Estaño ( $\text{mg/m}^3$ )	10% TLV-TWA Pb	10% TLV-TWA Sn
Muestra #1	0,00010	<0,002	0,0035 $\text{mg/m}^3$	0,14 $\text{mg/m}^3$
Muestra #2	0,00017	<0,002		
Muestra #3	0,00003	<0,002		

Como se puede observar todas las concentraciones obtenidas se encuentran por debajo del 10% del TLV-TWA lo que según los parámetros que establece la norma UNE-EN-689:2019+AC indica que los resultados se encuentran en zona de cumplimiento. Para el caso del estaño las concentraciones resultaron menores al límite de detección que es de  $0,002 \text{ mg/m}^3$ . Finalmente, a continuación, se muestra un gráfico de dispersión donde se representa el comportamiento de las concentraciones obtenidas de plomo y se observa que efectivamente estas se encuentran por debajo del 10% del TLV-TWA corregido para plomo por lo que se encuentran en zona de cumplimiento. Las concentraciones se muestran en  $\mu\text{g/m}^3$  para facilitar su visualización.

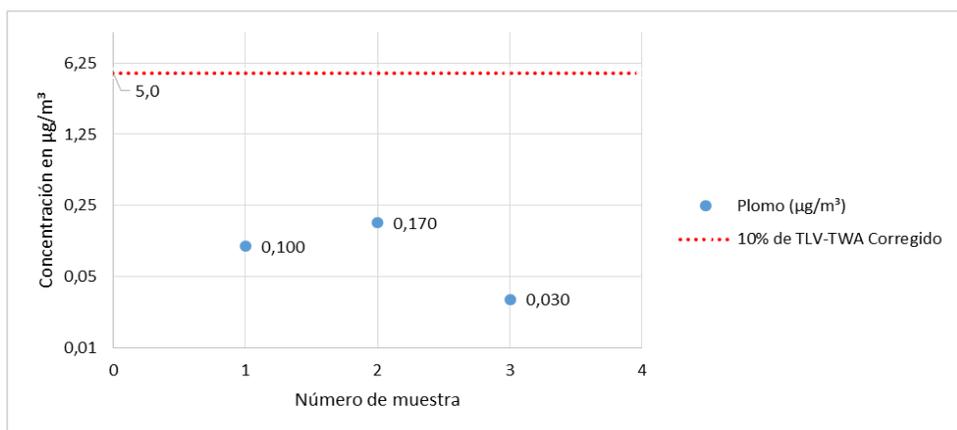


Figura IV-3. Gráfico de dispersión concentraciones de plomo en trabajadores de re trabajo

## B. Grupo de exposición similar mantenimiento

Las concentraciones de plomo y estaño obtenidas a partir del muestreo realizado al grupo de mantenimiento se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro IV-4. Concentraciones de Pb y Sn para el grupo de mantenimiento

Puesto de muestreo	Identificación de la muestra	Plomo (mg/m³)	Estaño (mg/m³)
Teradyne	Muestra #1	0,00003	<0,002
Teradyne	Muestra #2	0,00005	<0,002
Teradyne	Muestra #3	0,00004	<0,002

Como se puede observar, las concentraciones para los tres trabajadores son similares, mediante la bitácora de trabajo se determinó que los tres se encontraron realizando tareas muy similares durante el tiempo de muestreo. Sin embargo, algo muy importante es que la muestra #2 correspondió al trabajador que realizó la limpieza del tanque de soldadura por lo que estuvo más cerca a la fuente de emanación de los humos. Los trabajadores con las muestras #1 y #3 no realizaron en sí la limpieza del tanque, sino, se dedicaron a realizar mantenimiento en otras partes de la máquina alrededor del tanque de soldadura. Es importante mencionar que el trabajador con la muestra #3 que corresponde al segundo valor más alto fue el que se quedó más tiempo en el cuarto de Teradyne ordenando las herramientas de trabajo, por lo tanto, es posible que al haber humos en el cuarto haya ocurrido una mayor exposición. A continuación, se muestra un cuadro de comparación de las concentraciones obtenidas contra el 10% del TLV-TWA.

Cuadro IV-5. Comparación de concentraciones de mantenimiento contra el 10% del TLV-TWA

Resultados obtenidos			Parámetros de comparación según norma	
ID de la muestra	Plomo (mg/m <sup>3</sup> )	Estaño (mg/m <sup>3</sup> )	10% TLV-TWA Pb	10% TLV-TWA Sn
Muestra #1	0,00003	<0,002	0,005 mg/m <sup>3</sup>	0,2 mg/m <sup>3</sup>
Muestra #2	0,00005	<0,002		
Muestra #3	0,00004	<0,002		

Como se puede observar todas las concentraciones obtenidas se encuentran por debajo del 10% del TLV-TWA lo que según los parámetros que establece la norma UNE-EN-689:2019+AC indica que los resultados se encuentran en zona de cumplimiento. Para el caso del estaño las concentraciones resultaron menores al límite de detección que es de 0,002 mg/m<sup>3</sup>. Importante considerar que para este grupo no fue necesario realizar la corrección del TLV-TWA. Finalmente, se muestra un gráfico de dispersión donde se representa el comportamiento de las concentraciones obtenidas de plomo y se observa que efectivamente estas se encuentran por debajo del 10% del TLV-TWA para plomo (5 µg/m<sup>3</sup>) por lo que se encuentra en zona de cumplimiento. Las concentraciones se muestran en µg/m<sup>3</sup> para facilitar su visualización.

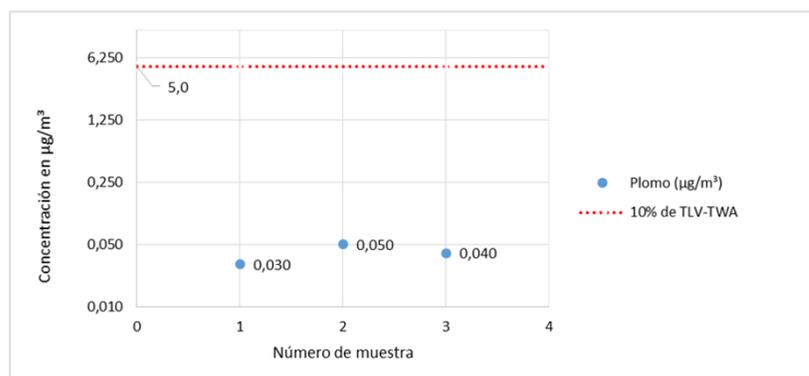


Figura IV-4. Gráfico de dispersión concentraciones de plomo en trabajadores de mantenimiento

## Conclusiones

- En la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne se determinan 13 factores de riesgo que contribuyen con la exposición ocupacional a plomo y estaño. Estos factores se relacionan con factores personales, factores asociados a controles ingenieriles, administrativos y equipo de protección personal. Las tareas consideradas con mayor riesgo de acuerdo a la cantidad de puntos de exposición y la deficiencia de controles son las de re trabajo (micro soldadura manual) y mantenimiento.
- Existen factores que contribuyen con la exposición que se determinan como no aceptables dentro de los cuales se encuentran la inexistencia de un programa de control para la exposición ocupacional a plomo y estaño, la inexistencia de controles ingenieriles en tareas riesgosas, la escasez de capacitaciones y la inexistencia de procedimientos para aspectos de vigilancia a la salud, evaluación de la exposición, buenas prácticas de trabajo y uso del equipo de protección personal.
- Las concentraciones obtenidas de la evaluación de la exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño se encuentran en zona de cumplimiento según los parámetros establecidos por la norma UNE-EN 689:2019+AC. Todos los valores de concentración de estaño en  $\text{mg}/\text{m}^3$  para ambos grupos exposición similar se encontraron por debajo del límite de detección del equipo de  $0,002 \text{ mg}/\text{m}^3$  y por ende por debajo del TLV-TWA para estaño. Al comparar las concentraciones resultantes de la evaluación de exposición a plomo en  $\text{mg}/\text{m}^3$  del grupo de re trabajo con la norma se encontraron por debajo del 10% del TLV-TWA corregido que corresponde a  $0,0035 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Para el caso de mantenimiento de igual forma se encontró en zona de cumplimiento por debajo del 10% del TLV-TWA de  $0,005 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

## Recomendaciones

- Para el caso de los trabajadores de mantenimiento realizar una evaluación de exposición por tarea, esto con el fin de conocer las concentraciones específicas a las que se exponen los trabajadores únicamente en el tiempo que dura la tarea.
- Debido a que la política de riesgo de la empresa es disminuir lo más posible la exposición se recomienda la implementación de controles administrativos e ingenieriles que permitan disminuir aún más la exposición y brindar un entorno laboral más seguro a sus trabajadores.
- Implementar un programa de control para la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.
- Diseñar e implementar controles ingenieriles en los puntos donde hay inexistencia de los mismos que sean acordes a las necesidades y características del proceso productivo.
- Elaborar procedimientos para aspectos como vigilancia a la salud, evaluación de exposición ocupacional, buenas prácticas de trabajo, capacitación y uso adecuado del equipo de protección personal.
- Capacitar a los trabajadores en cuanto a los riesgos de trabajar con plomo y estaño y las medidas preventivas a seguir para disminuir la exposición a estos contaminantes.
- Incentivar la participación de los trabajadores y altos mandos en la búsqueda e implementación de alternativas para la disminución de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de ensamble Teradyne

## **V. Alternativas de solución**

Como parte de las alternativas de solución, a continuación se presenta el Programa para el Control de la Exposición Ocupacional a Plomo y Estaño durante el Ensamble de Tarjetas de Circuito impreso en la línea de producción Teradyne. Los principales aspectos que incluye el programa son:

- ❖ Generalidades.
- ❖ Compromiso empresarial.
- ❖ Identificación de peligros y evaluación de riesgos.
- ❖ Prevención y control del riesgo donde se incluyen controles administrativos, ingenieriles y equipo de protección personal.
- ❖ Formación y capacitación.
- ❖ Seguimiento, evaluación y actualización del programa.
- ❖ Procedimiento de control de cambios.

Zollner Electronics Costa Rica Ltda



Programa para el Control de la Exposición Ocupacional a  
Plomo y Estaño durante el Ensamble de Tarjetas de Circuito  
Impreso en la Línea de Producción Teradyne

Elaborado por:

Makeylin Vannesa Rodríguez Núñez

Agosto, 2020

## Índice General

1. Generalidades del programa .....	1
A. Introducción.....	2
B. Propósito .....	2
C. Objetivos .....	3
D. Alcance.....	3
E. Metas.....	4
2. Compromiso Empresarial .....	5
A. Liderazgo.....	6
B. Política.....	6
C. Cumplimiento legal .....	7
D. Recursos .....	8
E. Participación de los trabajadores .....	9
F. Descripción de actividades del programa .....	9
G. Asignación de responsabilidades del programa.....	11
3. Identificación de peligros y evaluación de riesgos.....	13
4. Prevención y control del riesgo .....	24
A. Controles ingenieriles .....	25
B. Equipo de protección personal (EPP) .....	53
C. Controles administrativos.....	58
5. Formación y capacitación .....	108
6. Seguimiento, evaluación y actualización del programa.....	118
7. Control de cambios.....	132
8. Cronograma y presupuesto .....	139
A. Cronograma.....	140
B. Presupuesto .....	141
9. Conclusiones y recomendaciones .....	143
A. Conclusiones .....	144
B. Recomendaciones .....	145

## Índice de cuadros

Cuadro 2-1. Matriz de requisitos legales .....	7
Cuadro 2-2. Matriz de involucrados .....	8
Cuadro 2-3. Estructura de desglose de trabajo del programa.....	9
Cuadro 2-4. Matriz RACI del programa .....	11
Cuadro 4-1. Presentación de alternativas para grupo de re trabajo.....	26
Cuadro 4-2. Matriz de presentación de alternativas para el grupo de mantenimiento.....	27
Cuadro 4-3. Matriz de comparación de viabilidad en aspectos de salud, seguridad, ambiental y económica re trabajo .....	30
Cuadro 4-4. Matriz de comparación de viabilidad social, cultural y estándares re trabajo ....	32
Cuadro 4-5. Matriz de comparación de viabilidad en aspectos de salud, seguridad, ambientales y económicos para las alternativas de mantenimiento.....	34
Cuadro 4-6. Matriz de comparación de viabilidad social, cultural y estándares mantenimiento .....	36
Cuadro 4-7. Matriz resumen de viabilidad de las alternativas en aspectos de salud, seguridad, ambiente, económico, social, cultural y estándares. ....	38
Cuadro 4-8. Matriz de comparación de cumplimiento legal y normativo de las alternativas. ....	41
Cuadro 4-9. Matriz de aspectos y requisitos necesarios para el diseño de los controles ingenieriles.....	42
Cuadro 4-10. Determinación del factor de protección .....	72
Cuadro 5-1. Matriz de planeación capacitación CPT08-01 .....	111
Cuadro 5-2. Matriz de planeación capacitación CPT08-02.....	112
Cuadro 5-3. Matriz de planeación capacitación CPT08-03.....	112
Cuadro 5-4. Matriz de planeación capacitación CPT08-04.....	113
Cuadro 6-1. Indicadores de seguimiento del programa .....	121
Cuadro 6-2. Escala de calificación de los aspectos según puntuación obtenida.....	123
Cuadro 6-3. Herramienta para la evaluación del compromiso empresarial.....	123
Cuadro 6-4. Herramienta para la evaluación de la identificación de peligros y evaluación de riesgos .....	124
Cuadro 6-5. Herramienta para la evaluación de los controles ingenieriles.....	125
Cuadro 6-6. Herramienta para la evaluación de las evaluaciones ambientales .....	126
Cuadro 6-7. Herramienta para la evaluación de buenas prácticas de trabajo.....	127
Cuadro 6-8. Herramienta para la evaluación de la vigilancia a la salud .....	128
Cuadro 6-9. Herramienta para la evaluación del equipo de protección personal .....	129
Cuadro 6-10. Herramienta para la evaluación de la formación y capacitación.....	130
Cuadro 6-11. Matriz resumen de hallazgos y oportunidades de mejora .....	131
Cuadro 8-1. Presupuesto de los controles ingenieriles.....	141
Cuadro 8-2. Costos de pre filtros y filtros para extractores portátiles .....	141
Cuadro 8-3. Presupuesto del Equipo de Protección Personal .....	142
Cuadro 8-4. Presupuesto de los controles administrativos .....	142

## Índice de Figuras

Figura 3-1. Diagrama de flujo para la identificación de peligros y análisis de riesgos .....	18
Figura 4-1. Extractor propuesto para tareas de re trabajo .....	44
Figura 4-2. Diseño de control ingenieril para estaciones de re trabajo, vista frontal.....	45
Figura 4-3. Diseño de control ingenieril para estaciones de re trabajo, vista posterior.....	46
Figura 4-4. Diseño de control ingenieril para estaciones de re trabajo, vista lateral.....	46
Figura 4-5. Equipo de extracción propuesto para tarea de mantenimiento .....	47
Figura 4-6 Diseño de control ingenieril para tarea de mantenimiento, vista frontal .....	49
Figura 4-7. Diseño de control ingenieril para tarea de mantenimiento, vista superior .....	49
Figura 4-8. Diseño de control ingenieril para tarea de mantenimiento, vista lateral .....	50
Figura 4-9. Representación de controles ingenieriles en ambos grupos de exposición .....	50
Figura 4-10. Equipo de protección respiratoria para re trabajo. ....	53
Figura 4-11. Equipo de protección respiratoria propuesto para mantenimiento .....	54
Figura 4-12. Buzo de protección dermal para tareas de mantenimiento. ....	55
Figura 4-13. Guantes recomendados para tareas de mantenimiento. ....	56
Figura 4-14. Delantal de cuero recomendado para tareas de mantenimiento.....	56
Figura 4-15. Polainas recomendadas para tareas de mantenimiento .....	57
Figura 4-16. Empaquetaduras de respirador de cara completa .....	77
Figura 4-17. Colocación de los filtros .....	78
Figura 4-18. Respirador de cara completa con los filtros colocados .....	78
Figura 4-19. Ajuste de bandas de respirador de cara completa.....	79
Figura 4-20. Prueba de ajuste positiva de respirador de cara completa .....	79
Figura 4-21. Prueba de ajuste negativa de respirador de cara completa .....	80
Figura 4-22. Diagrama de pasos para colocarse el respirador de media cara .....	81
Figura 4-23. Diagrama de pasos para la colocación del buzo descartable .....	82
Figura 4-24. Diagrama de pasos para retirar buzo descartable .....	83
Figura 4-25. Ejemplo de gabinete para almacenar EPP .....	85
Figura 4-26. Pasos para un correcto lavado de manos .....	90
Figura 4-27. Ejemplo de posición del extractor para tareas de mantenimiento .....	93
Figura 5-1. Cronograma de capacitaciones .....	115
Figura 7-1. Diagrama de flujo para el control de cambios.....	136
Figura 8-1. Cronograma del programa .....	140

---

---

# **1. Generalidades del programa**

---

---

## **A. Introducción**

La empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda ubicada en la Zona Franca La Lima, Cartago, es una organización de origen alemán que se dedica al ensamble de tarjetas de circuito impreso para el sector automotriz, aeroespacial, médico, entre otros. Como parte del proceso de producción se realizan tareas que implican la exposición a diferentes contaminantes que pueden causar afectaciones a la salud de sus colaboradores.

Específicamente en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne se realizan tareas que involucran la exposición a Plomo y Estaño. La exposición a estos contaminantes puede causar graves afecciones a la salud incluyendo patologías respiratorias y desarrollo de cáncer. A partir del análisis de la situación actual de la línea se determinaron una serie de factores que contribuyen con la exposición ocupacional a Pb y Sn, así como tareas que por su naturaleza tienen una cantidad importante de posibles puntos de exposición. De igual forma el muestreo de contaminantes y análisis de laboratorio indicó que efectivamente existen concentraciones de los contaminantes que pueden llegar a los trabajadores.

A partir de las situaciones expuestas anteriormente, es importante la implementación de un programa para el control de la exposición a Plomo y Estaño de los trabajadores que pertenecen a esta línea de producción. En él se incluyen alternativas de solución tanto ingenieriles como administrativas que buscan disminuir la exposición y proteger la salud y seguridad de los trabajadores.

## **B. Propósito**

El presente programa se establece con el propósito de disminuir las probabilidades de que los trabajadores de la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne desarrollen enfermedades a corto o largo plazo inducidas por la exposición ocupacional a Pb y Sn.

## **C. Objetivos**

A continuación, se muestran los objetivos general y específico del programa.

### ➤ **Objetivo general**

Proponer alternativas de solución administrativas e ingenieriles que permitan la disminución de la exposición ocupacional a Plomo y Estaño en la línea de Ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne, en la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

### ➤ **Objetivos específicos**

- Diseñar los controles ingenieriles para la reducción de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.
- Determinar los controles administrativos para la reducción de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.
- Definir lineamientos para la evaluación, seguimiento y actualización del programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso, Teradyne.

## **D. Alcance**

El programa de control para la exposición ocupacional a Pb y Sn brinda alternativas ingenieriles y administrativas para disminuir la exposición ocupacional a estos metales de los trabajadores de la línea de producción de Teradyne. Se consideran prioritariamente las tareas determinadas como más riesgosas y aquellos trabajadores que laboran la mayor parte de su jornada en la línea de producción. Sin embargo, también ofrece controles para los trabajadores con puestos administrativos que ingresan ocasionalmente al área a realizar inspecciones, validaciones, entre otros.

## **E. Metas**

- Captar lo más posible las emisiones de humos de soldadura en las tareas determinadas como peor caso (mantenimiento de la máquina de soldadura en ola y re trabajo) mediante la implementación de diseños ingenieriles en un plazo no mayor a seis meses.
- Disminuir al máximo la exposición ocupacional a Pb y Sn del 100% de los trabajadores que pertenecen a la línea de producción Teradyne mediante la implementación de controles administrativos en un plazo no mayor a nueve meses.
- Implementar procedimientos de trabajo seguro orientados a disminuir la exposición a los contaminantes mediante buenas prácticas de trabajo en un plazo no mayor a nueve meses.
- Capacitar al 100% de los trabajadores tanto operarios como administrativos sobre los riesgos a los que se exponen en la realización de sus tareas, medidas preventivas y controles tanto administrativos como ingenieriles establecidos en un plazo no mayor a nueve meses.
- Capacitar al 100% de los involucrados en el programa respecto a sus responsabilidades dentro del mismo en un plazo no mayor a nueve meses.
- Mantener un seguimiento anual del programa para identificar e implementar oportunidades de mejora.

---

---

## **2. Compromiso Empresarial**

---

---

## **A. Liderazgo**

Mediante la implementación del presente programa Zollner Electronics Costa Rica Ltda se compromete con la salud y seguridad de sus trabajadores en la línea de producción Teradyne que por la naturaleza de sus tareas se exponen a plomo y estaño. Como parte del liderazgo se establece el compromiso de disminuir la exposición ocupacional a plomo y estaño al máximo posible.

Para lograr el propósito del programa es sumamente importante la comunicación de las metas y objetivos del mismo a todos los miembros de la organización, la destinación de los recursos necesarios y la asignación de las responsabilidades para cada uno de los involucrados.

## **B. Política**

La política de seguridad laboral y salud de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda cuenta con las siguientes pautas:

- Identificamos rutinariamente los riesgos de seguridad y salud ocupacional en nuestros lugares de trabajo y tomamos medidas para eliminarlos, minimizarlos y prevenirlos.
- Promovemos la seguridad y la protección de la salud de nuestros trabajadores con programas de acción.
- Integramos activamente a nuestros empleados y departamentos externos en nuestras operaciones para promover el desarrollo de la seguridad laboral.
- Calificamos nuestro sistema de gestión con cursos de capacitación en varios formatos para promover empleados orientados a la salud y liderazgo propio.
- Mantenemos y promovemos el bienestar y la salud de nuestros empleados con medidas proporcionales a sus situaciones.

## C. Cumplimiento legal

Existen leyes y decretos importantes que contienen requisitos aplicables al presente programa, estos se resumen en la siguiente matriz y son extraídos de la base de datos general actualizada de requisitos legales aplicables a la organización.

Cuadro 2-1. Matriz de requisitos legales

Nombre	Entidad	Descripción de requisitos
Código de trabajo	MS	-Adoptar medidas preventivas en materia de salud ocupacional -Capacitar y adiestrar a los trabajadores aspectos de salud ocupacional -Proporcionar el equipo y elementos de protección personal y de seguridad en el trabajo y asegurarse de su uso y funcionamiento
Convenio para la protección de los trabajadores contra el riesgo debidos a la contaminación	MTSS	-Adoptar medidas en el lugar de trabajo para prevenir y limitar los riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire -Empleador debe brindar EPP acorde a los riegos y obligar a los trabajadores a utilizarlo
Ley General de Salud N°5395	MS	-Acondicionar los lugares de trabajo para evitar riesgos a las personas
Reglamento general de Seguridad e Higiene en el Trabajo	MTSS	-Mantener condiciones generales de seguridad e higiene en los centros de trabajo con el fin de proteger la vida, salud, e integridad corporal de los trabajadores
Reglamento sobre Higiene Industrial N° 11492	MS	-Cuando el proceso industrial genere polvo, gases, vapor o humo que puedan dañar la salud de los trabajadores o de los vecinos, será indispensable someterlos a tratamiento
Plan de Salud Ocupacional	MS	Indica que dentro del Programa de Salud Ocupacional deben existir subprogramas que determinen las medidas de intervención a tomar a partir de un detallado diagnóstico y valoración de riesgos.
MS: Ministerio de Salud de Costa Rica	MTSS: Ministerio de trabajo y Seguridad Social de Costa Rica	

Además, se asocia a otras normas y estándares de acatamiento voluntario como:

- ❖ INTE 31-08-07:2016. Salud y Seguridad en el Trabajo. Determinación de plomo y compuestos inorgánicos de plomo. Método de ensayo.
- ❖ INTE 31-08-04:2016. Salud y Seguridad en el Trabajo. Concentraciones ambientales máximas permisibles en los centros de trabajo.
- ❖ INTE 31-09-09-2016. Guía para la elaboración del programa de salud y seguridad en el trabajo.
- ❖ *Standard 1910.1025 Occupational Safety and Health (OSHA), lead.*

## D. Recursos

A continuación, se muestran los recursos humanos y económicos para la implementación del programa.

### 1. Humanos:

Los recursos humanos se componen de las personas o departamentos involucrados en la implementación, seguimiento y evaluación del programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.

Los recursos humanos necesarios para el desarrollo efectivo del presente programa se muestran en la siguiente matriz de involucrados.

Cuadro 2-2. Matriz de involucrados

Involucrado	Clave	Objetivo	Clasificación
Autora del proyecto de graduación	APG	Elaborar el programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño	Externo
Gerente General	GG	Promover el desarrollo del programa de forma exitosa dentro de la organización	Interno
Gerente de calidad	GC	Aprobar la realización de actividades del programa así como brindar los recursos necesarios para el desarrollo de las mismas	Interno
Coordinador de EHS	EHS	Poner en marcha el programa y realizar la evaluación y seguimiento del mismo procurando la mejora continua	Interno
Monitores de EHS	MEHS	Brindar soporte a la coordinadora de EHS para el desarrollo de las actividades del programa	Interno
Supervisor o líder de área	LP	Velar por el cumplimiento de los controles administrativos e ingenieriles dispuestos en el programa	Interno
Trabajadores de la línea de Teradyne	TL	Cumplir con las pautas para disminuir la exposición establecidas en el programa y participar activamente en la búsqueda de oportunidades de mejora para mantener la mejora continua de la misma.	Interno

## 2. Económicos:

Se refiere al costo monetario que implica la implementación de las soluciones administrativa e ingenieriles propuestas en el programa. Estos costos son aprobados por los departamentos pertinentes y se contemplan en el presupuesto anual de seguridad, salud y ambiente que maneja la coordinadora de EHS. Los costos se reflejan en el aparatado de presupuesto del programa (ver apartado 8 Cronograma y presupuesto del programa).

### E. Participación de los trabajadores

Se promueve la participación de todos los trabajadores involucrados en el programa. Todos los miembros de la organización están en la libertad de comunicar hallazgos importantes asociados a la exposición ocupacional a plomo y estaño así como contribuir con la propuesta de soluciones que permitan la mejora continua del programa.

Cada uno de los involucrados en el programa tiene un rol definido con sus respectivas responsabilidades las cuales son importantes para que este cumpla con su propósito y sus objetivos.

### F. Descripción de actividades del programa

A continuación, se presenta la estructura de desglose de trabajo del programa la cual incluye las diferentes tareas requeridas para su elaboración, revisión, divulgación, gestión, implementación, seguimiento y evaluación.

Cuadro 2-3. Estructura de desglose de trabajo del programa

Código	Actividades
<b>EDT</b>	<b>Programa para el control de exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, Zollner Electronics Costa Rica Ltda.</b>
1	Elaboración del programa
1.1	Definir aspectos generales del programa
1.2	Establecer la planificación del programa
1.3	Definir los controles administrativos e ingenieriles referentes a la implementación del programa

Código	Actividades
1.4	Establecer las pautas para la evaluación, seguimiento y actualización del programa.
<b>2</b>	<b>Revisión y aprobación del programa</b>
2.1	Entregar programa
2.2	Revisar y analizar el programa
2.3	Realizar cambios pertinentes al programa
2.4	Aprobar el programa
<b>3</b>	<b>Divulgación del programa</b>
3.1	Informar a los jefes y líderes de los diferentes departamentos
3.2	Informar a los trabajadores
<b>4</b>	<b>Gestión e implementación del programa</b>
4.1	Girar instrucciones para implementar el programa
4.2	Gestionar presupuesto necesario para implementar el programa
4.3	Establecer acciones disciplinarias para trabajadores que no cumplen con el programa
4.4	Adquisición e instalación de controles ingenieriles
4.4.1	Gestionar la compra e instalación de los controles ingenieriles
4.5	Implementación de controles administrativos
4.5.1	Puesta en práctica de procedimientos de trabajo
4.5.1.1	Entrenar a los trabajadores respecto a los procedimientos
4.5.1.2	Incentivar a los trabajadores para la puesta en práctica de los programas
4.5.1.3	Supervisar la puesta en práctica de los procedimientos
4.5.1.4	Comunicar factores que impidan el cumplimiento de los procedimientos
4.6	Capacitación de los trabajadores
4.6.1	Brindar el tiempo para las capacitaciones
4.6.2	Capacitar a los trabajadores en los temas que indica el programa
4.6.3	Tener un control de los trabajadores capacitados
4.6.4	Informar sobre nuevos trabajadores que requieren ser capacitados
4.7	Adquisición y uso de equipo de protección personal (EPP)
4.7.1	Comparar el EPP que establece el programa
4.7.2	Utilizar y almacenar correctamente el EPP
4.7.3	Supervisar el uso correcto y almacenamiento EPP
4.8	Supervisar la ejecución de las actividades del programa
4.9	Documentar y evidenciar todos los aspectos de la ejecución del programa
<b>5</b>	<b>Evaluación y seguimiento del programa</b>
5.1	Llevar acabo el procedimiento para la evaluación del programa
5.2	Establecer oportunidades de mejora
5.3	Documentar evaluaciones del programa
<b>6</b>	<b>Actualización del programa y control de cambios</b>
6.1	Revisar contenidos del programa
6.2	Corroborar si existen nuevos procesos o hay cambios en los existentes
6.3	Realizar los cambios pertinentes al programa

## G. Asignación de responsabilidades del programa

Mediante la siguiente matriz RACI se asignan las responsabilidades que tienen las partes involucradas en el programa, esto con el fin de tener un control efectivo de las actividades planteadas.

Cuadro 2-4. Matriz RACI del programa

Código	Actividades	Involucrados						
		APG	GG	GC	EHS	MEHS	SA	TL
<b>EDT</b>	<b>Programa para el control de exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso</b>							
1	Elaboración del programa							
1.1	Definir aspectos generales del programa	R	-	-	C	-	-	-
1.2	Establecer la planificación del programa	R	-	-	C	-	-	-
1.3	Definir los controles administrativos e ingenieriles referentes a la implementación del programa	R	-	-	C	-	C	C
1.4	Establecer las pautas para la evaluación, seguimiento y actualización del programa.	R	-	-	C	-	-	-
2	Revisión y aprobación del programa							
2.1	Entregar programa	R	I	I	A	I	I	I
2.2	Revisar y analizar el programa	C	-	-	R	-	-	-
2.3	Realizar cambios pertinentes al programa	C	I	A	R	-	C	-
2.4	Aprobar el programa	-	I	A	R	-	-	-
3	Divulgación del programa							
3.1	Informar a los jefes y líderes de los diferentes departamentos	-	I	A	R	I	I	I
3.2	Informar a los trabajadores	-	I	A	R	I	C	I
4	Gestión e implementación del programa							
4.1	Girar instrucciones para implementar el programa	-	I	A	R	I	I	I
4.2	Gestionar presupuesto necesario para implementar el programa	-	I	A	R	-	C	-
4.3	Establecer acciones disciplinarias para trabajadores que no cumplen con el programa	-	A	C	I	I	R	I
4.4	Adquisición e instalación de controles ingenieriles							
4.4.1	Gestionar la compra e instalación de los controles ingenieriles	-	I	A	R	I	C	I

Código	Actividades	Involucrados							
		APG	GG	GC	EHS	MEHS	SA	TL	
<b>EDT</b>	<b>Programa para el control de exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso,</b>								
4.5	Implementación de controles administrativos								
4.5.1	Puesta en práctica de procedimientos de trabajo								
4.5.1.1	Entrenar a los trabajadores respecto a los procedimientos	-	I	I	R	C	C	I	
4.5.1.2	Incentivar a los trabajadores para la puesta en práctica de los procedimientos	-	I	I	A	I	R	-	
4.5.1.3	Supervisar la puesta en práctica de los procedimientos	-	-	-	A	C	R	-	
4.5.1.4	Comunicar factores que impidan el cumplimiento de los procedimientos	-	-	-	C	I	R	I	
4.6	Capacitación de los trabajadores								
4.6.1	Brindar el tiempo para las capacitaciones	-	A	-	C	-	R	-	
4.6.2	Capacitar a los trabajadores en los temas que indica el programa	-	-	A	R	C	I	I	
4.6.3	Tener un control de los trabajadores capacitados	-	-	-	R	-	C	-	
4.6.4	Informar sobre nuevos trabajadores que requieren ser capacitados	-	-	-	I	I	R	-	
4.7	Adquisición y uso de equipo de protección personal (EPP)								
4.7.1	Comparar el EPP que establece el programa	-	I	A	R	I	C	I	
4.7.2	Utilizar y almacenar correctamente el EPP	-	-	-	C	C	C	R	
4.7.3	Supervisar el uso correcto y almacenamiento EPP	-	-	-	I	I	R	I	
4.8	Supervisar la ejecución de las actividades del programa	-	-	-	R	C	C	-	
4.9	Documentar y evidenciar todos los aspectos de la ejecución del programa	-	I	A	R	C	C	-	
5	Evaluación y seguimiento del programa								
5.1	Llevar acabo el procedimiento para la evaluación del programa	-	-	-	R	C	C	C	
5.2	Establecer oportunidades de mejora	-	I	A	R	C	C	I	
5.3	Documentar evaluaciones del programa	-	I	I	R	I	I	I	
6	Actualización del programa y control de cambios								
6.1	Revisar contenidos del programa	-	-	-	R	C	-	-	
6.2	Corroborar si existen nuevos procesos o hay cambios en los existentes	-	-	-	R	C	C	C	
6.3	Realizar los cambios pertinentes al programa	-	I	A	R	I	I	I	
	R: Responsable	A: Aprueba			C: Consulta			I: Informa	

---

---

# **3. Identificación de peligros y evaluación de riesgos**

---

---

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Identificación de peligros y evaluación del riesgo</b>	Código: PT-01
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## A. Introducción

La identificación de peligros y evaluación de riesgos es sumamente importante pues permite mejorar constantemente los controles administrativos e ingenieriles establecidos en el programa de acuerdo a nuevas necesidades o cambios en el proceso productivo.

## B. Propósito

Establecer los pasos para la identificación y evaluación de riesgos en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.

## C. Alcance

El alcance del presente procedimiento va dirigido a todas las tareas que se realizan en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.

## D. Documentación relacionada

D-01-01 Formato Guía para la observación participativa

D-01-02 Lista de verificación

D-010-03 Bitácora de registro de identificación y evaluación de peligros

## E. Responsables y responsabilidades

### E.1 Coordinadora de EHS

- Es la responsable de realizar la identificación de peligros y evaluación de riesgos.
- Debe de comunicar los resultados obtenidos.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Identificación de peligros y evaluación del riesgo</b>	Código: PT-01
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## E.2 Monitores de EHS

- Colaborar con la coordinadora de EHS en la recolección de información.
- Aplicar las herramientas para la identificación de peligros.

## E.3 Supervisor o líder de área

- Brindar la información necesaria para la identificación de peligros y evaluación de riesgos.
- Comunicar a la coordinadora de EHS si detecta algún hallazgo que represente un peligro.
- Fomentar en sus trabajadores a cargo la importancia de comunicar peligros y riesgos para su evaluación.

## E.4 Trabajadores

- Cooperar con la coordinadora de EHS brindando toda la información que se les solicite para la identificación de peligros y análisis de riesgos.
- Participar activamente en la comunicación de nuevos peligros que requiera ser evaluados.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Identificación de peligros y evaluación del riesgo</b>	Código: PT-01
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## F. Procedimiento

### F.1 Identificación de peligros

Para la identificación de peligros en la línea de ensamble Teradyne se propone utilizar la guía de observación participativa en el documento (D-01-01) y la lista de verificación (D-01-02). Es necesario realizar un recorrido por cada una de las partes de la línea identificando aquellos peligros asociados a la exposición ocupacional a plomo y estaño.

Durante el recorrido y observación es importante conversar con los trabajadores y comentar sobre sus puntos de vista en relación a peligros existentes en la línea de producción esto debido a que ellos son quienes conocen mejor las tareas que realizan y pueden brindar información muy valiosa. También es importante mantener una adecuada comunicación entre la coordinadora de EHS y los líderes o supervisores de área.

### F.2 Evaluación de riesgos

Para la evaluación de los riesgos identificados se propone utilizar la herramienta Análisis Modal de Fallos y Efectos, ya que esta herramienta es la que utiliza actualmente la empresa para la evaluación de los riesgos referentes a la seguridad, salud y ambiente. Es importante aplicar esta misma herramienta ya que la coordinadora de EHS posee experiencia en la aplicación de la misma para procesos de la empresa y cuenta con una matriz programada en la cual se introducen los modos de fallo, su categoría, efectos, causas, medidas de control, se asigna un nivel de frecuencia, gravedad y detección y finalmente se obtiene un nivel de prioridad de riesgo (NPR).

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Identificación de peligros y evaluación del riesgo</b>	Código: PT-01
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

### **F.3 Frecuencia de aplicación de las herramientas para identificación y evaluación de riesgos**

Las herramientas de identificación de peligros y evaluación de riesgos deben de aplicarse de acuerdo a las siguientes condiciones:

- ❖ De forma anual como parte de la evaluación y seguimiento del programa.
- ❖ Cuando existan cambios en la línea de producción como la generación de nuevas tareas y la incorporación de nueva maquinaria.
- ❖ Ante el reporte de algún hallazgo por parte de algún miembro de la línea.

Nota: Puede ser necesario complementar la identificación de peligros y evaluación de riesgos con una evaluación de exposición a plomo y estaño según el procedimiento PT-02.

### **F.4 Corrección**

Si a partir de la evaluación se determina que el nivel de prioridad de riesgo es alto se deben de determinar las medidas preventivas a adoptar para controlar el riesgo en caso de que no exista ningún control o la reestructuración de las medidas existentes para aumentar su eficiencia. Los cambios deben de documentarse correctamente de acuerdo al procedimiento de control de cambios PT-10 en el apartado 7.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo del procedimiento para la identificación de peligros y análisis de riesgos.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Identificación de peligros y evaluación del riesgo</b>	Código: PT-01
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

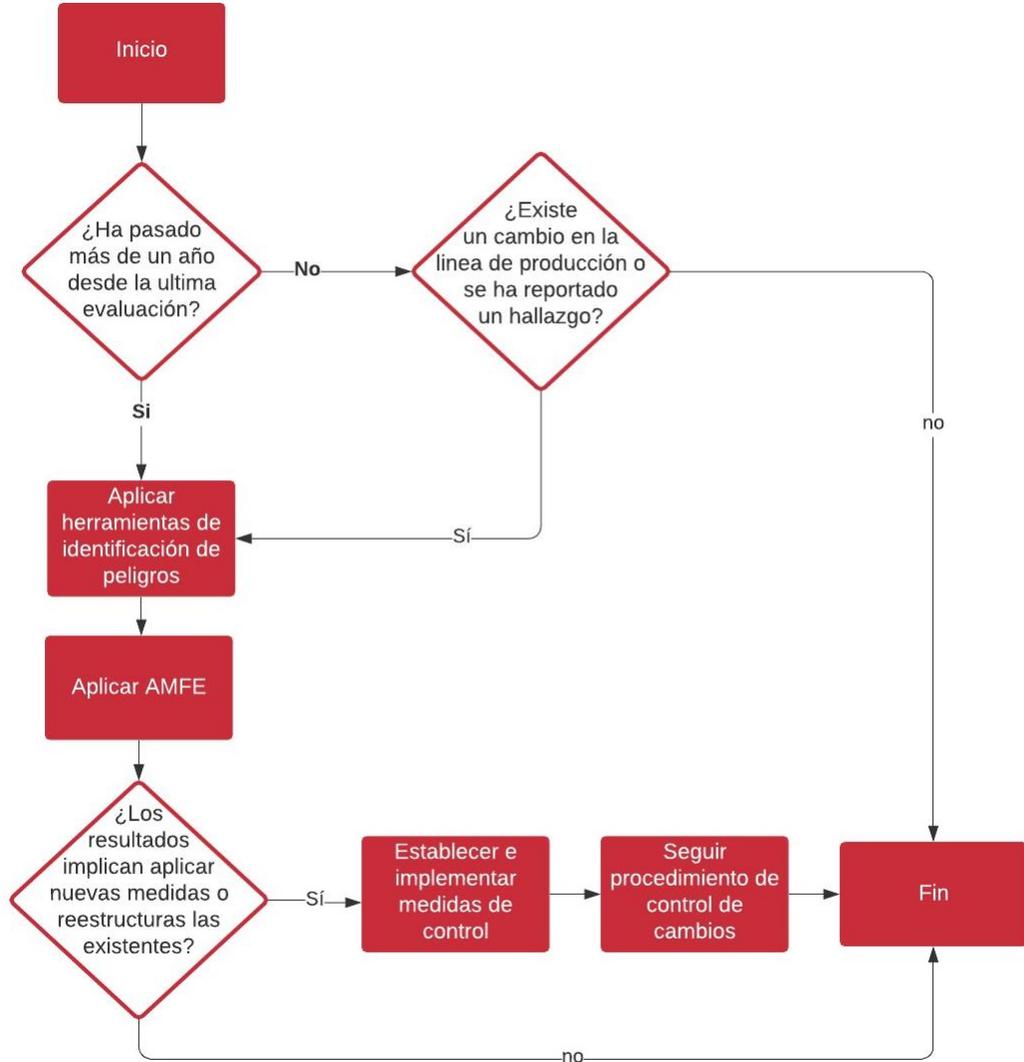


Figura 3-1. Diagrama de flujo para la identificación de peligros y análisis de riesgos

## G. Apéndices

### D-01-01 Guía de observación participativa para la identificación de peligros

Zollner Electronics Costa Rica Ltda	
Guía de observación participativa para la identificación de peligros en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne	
Área del proceso:	Aplicador:
Puesto a evaluar:	Hora de inicio:
Fecha:	Hora de finalización:
Tarea a evaluar	
Duración aproximada de la tarea:	
¿Existe un contacto directo con la pasta de soldadura que contiene Pb y Sn?	
¿Existe exposición a los humos de soldadura?	
¿Se cumplen las medidas de seguridad para evitar exposición establecida?	
¿Los operarios indican alguna disconformidad?	
Anotaciones u observaciones:	

D-01-02 Lista de verificación para la identificación de peligros

		Lista de verificación para la determinación de factores contribuyentes a la exposición de Pb y Sn en la línea Teradyne.			
		Código	SCE-01		
		Fecha de emisión	12 de abril 2020		
		Versión	N° 1		
Realizado por Makeylin Rodríguez Núñez	Aprobado por Ing. Mariela Núñez Row. Coordinadora de EHS	Número de páginas			
Normativa utilizada: -Guía para la evaluación y prevención de riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en las áreas de trabajo INSHT. -INTE 31-09-07 2016. Condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales e instalaciones y áreas de los centros de trabajo. -Guía de inspección general de las condiciones de salud ocupacional. CSO -Guía de ventilación y climatización del INSST		Fecha de inspección			
<b>Aspectos a identificar</b>		<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>	
<b>1. Planta física</b>					
El área de Teradyne se encuentra separada de oficinas y otros recintos por medio de cubículos					
El área cuenta con ventanas y puertas cerradas que impidan la salida de humos					
El área cuenta con pisos antideslizantes que sean fáciles de limpiar y desinfectar					
Las paredes y techos son fáciles de limpiar y desinfectar					
Las estaciones de trabajo son resistentes al agua y productos químicos					
Existen lavamanos que se puedan accionar sin utilizar las manos en el área de trabajo					
<b>2. Señalización</b>					
Existe señalización referente a los riesgos químicos en el área de trabajo					
Las señales están ubicadas de manera que puedan ser fácilmente observadas.					
Las señales ofrecen la posibilidad real de cumplir con lo indicado					
Las señales atraen la atención de las personas a quienes van dirigidas.					

Aspectos a identificar	Si	No	Observaciones
Señales dan conocer el peligro con anticipación, las consecuencias de interactuar con el mismo y la acción específica para evitarlo.			
Señales conducen a una interpretación única			
Señales se encuentran en el idioma español			
Señales indican peligros en distintos puntos del proceso			
Existen avisos para identificar peligros como alto voltaje, explosivos, excavaciones, materiales peligrosos y equipo para incendio			
<b>3. Seguridad de la maquinaria</b>			
Las máquinas y herramientas en el proceso <b>no</b> generan un riesgo de exposición a metales pesados			
Existe un procedimiento por escrito de mantenimiento preventivo de las máquinas y herramientas			
Los riesgos asociados a las máquinas están señalizados			
No se han presentado accidentes relacionados con alguna máquina			
El diseño de las máquinas es ergonómico y permite realizar buenas prácticas de trabajo para evitar la exposición			
Las máquinas tienen los dispositivos de enclavamiento y resguardos debidamente colocados.			
Todo motor de la maquinaria está protegido y el arranque y parada de los mismos ofrece seguridad a los trabajadores			
Máquinas tienen dispositivo de paro de emergencia			
Las unidades móviles, piezas salientes y demás parte de motores, transmisiones y máquinas que ofrezcan peligro para los trabajadores están cubiertos			
<b>4. Limpieza y orden</b>			
Las tareas referentes a la limpieza de estaciones de trabajo están formalmente asignadas			
Se verifica que los métodos de limpieza del área de trabajo sean efectivos			
Existen procedimientos por escrito para la limpieza adecuada de las áreas de trabajo			
Se emplean medidas de seguridad extras al momento de limpiar las estaciones de trabajo			
Se identifican y comunican los riesgos asociados a los productos químicos que se utilizan para la limpieza de las estaciones de trabajo			
Se emplean medidas de seguridad extras al momento de limpiar las estaciones de trabajo			
Los residuos de materias primas o de fabricación y las aguas residuales se almacenan, evacuan o eliminan por procedimientos adecuados			
Existe una guía de colocación de las herramientas de trabajo			

Aspectos a identificar	Si	No	Observaciones
Los aparatos, maquinaria e instalaciones en general, se mantienen siempre en buen estado de limpieza			
<b>5. Equipo de protección personal</b>			
Se brinda EPP a los trabajadores en las tareas que lo requieren			
El EPP es adecuado para la exposición a humos metálicos (protección inhalatoria y dérmica)			
Los trabajadores conocen la forma de utilizar el EPP			
El EPP está al fácil alcance de los trabajadores al momento de realizar las tareas			
Se asegura el uso del EPP			
Se llevan a cabo inspecciones antes y después de utilizar el EPP			
Se cuenta con un procedimiento por escrito para el uso, disposición y almacenamiento de EPP			
Se provee a los trabajadores un lugar para disponer la gabacha de forma que está no pueda contaminar de metales otras áreas			
La empresa realiza el adecuado lavado de las gabachas utilizadas durante el proceso			
<b>6. Capacitación</b>			
Los trabajadores están capacitados en el uso correcto de las máquinas y herramientas			
Los trabajadores conocen los riesgos asociados a los químicos a los que se exponen			
Los trabajadores están capacitados respecto al uso del equipo de protección personal			
Los trabajadores están capacitados para detectar anomalías en los sistemas de extracción y reportarlos			
Existe un plan de capacitaciones			
Se asegura que se capacite a cada trabajador nuevo que ingrese al proceso respecto a los riesgos químicos, físicos, biológicos a los que se exponen			
Se evalúa el conocimiento adquirido por los trabajadores después de las capacitaciones			
Se refuerzan periódicamente los temas de capacitación			
<b>7. Prácticas de trabajo</b>			
Se prohíbe consumir alimentos o bebidas en las áreas de trabajo			
Se cumple la prohibición de consumir alimentos o bebidas en las áreas de trabajo			
Se mantienen las puertas cerradas en el área de Teradyne para evitar que los humos salgan al exterior			
Los trabajadores se apegan a los procedimientos y protocolos de seguridad establecidos			
Los colaboradores comunican cualquier eventualidad o cambio en el proceso que podría generar riesgo de exposición			

Aspectos a identificar	Si	No	Observaciones
<b>8. Condiciones de ventilación</b>			
En locales cerrados, el aire se renueva mediante ventilación natural o artificial			
La temperatura y el grado de humedad es ajustado para no causar daños a los trabajadores			
Se dispone de sistemas (independientes o integrados en el sistema de ventilación) para la climatización de los locales			
La ventilación garantiza el confort de los trabajadores			
Existen sistemas de extracción de humos para todas las áreas del proceso donde se generan humos de soldadura			
Los sistemas de extracción tienen campanas de captación de forma y tamaño adecuado a las características de los focos de extracción			
Se han adoptado precauciones para evitar corrientes de aire transversales que puedan afectar a los sistemas de extracción localizada			
El caudal del sistema de extracción localizada es suficiente para capturar los contaminantes			
Se lleva a cabo una limpieza y mantenimiento periódico de los elementos del sistema de extracción			
Los sistemas de extracción fueron seleccionados tomando en cuenta las características y necesidades del proceso			
Se verifica la eficacia de los sistemas de extracción mediante mediciones de la atmósfera			
Los sistemas de extracción tienen depuradores o filtros			
Se realiza una adecuada gestión de los residuos recogidos y/o generados en la limpieza y mantenimiento de los elementos de depuración			
En todos los locales hay suministro de aire limpio y extracción de aire viciado			
Es posible regular el sistema de modo que en todo momento (para toda actividad y/o nivel de ocupación) proporcione la ventilación necesaria			
.El número de elementos para el suministro y extracción de aire, así como su distribución, permiten asegurar la eficacia del sistema de ventilación			
Las tomas de aire exterior se encuentran suficientemente alejadas de los puntos de descarga del aire contaminado			
Se realiza, si existen, el mantenimiento preventivo de instalaciones tales como los humidificadores o las torres de refrigeración			

---

---

# **4. Prevención y control del riesgo**

---

---

## A. Controles ingenieriles

Según OSHA los controles ingenieriles son los más importantes pues requieren hacer cambios en el lugar de trabajo con el fin de minimizar los riesgos presentes en el mismo. Con la implementación de controles ingenieriles se logra realizar cambios permanentes que reducen la exposición a los riesgos, en este caso la exposición ocupacional a plomo y estaño.

A continuación, se indican los requerimientos mínimos que deben de cumplir los controles ingenieriles para disminuir la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de producción Teradyne:

- ❖ El diseño del control ingenieril debe de responder al análisis de las fuentes de contaminación y límites de concentración del plomo y estaño.
- ❖ El diseño de los controles debe de realizarse tomando en cuenta los resultados de las concentraciones de exposición ocupacional a plomo y estaño y su análisis con los límites de concentración de las sustancias.
- ❖ El diseño de los controles ingenieriles tanto para re trabajo como para mantenimiento debe de acoplarse al proceso y las tareas, de modo que este no interfiriera en el mismo generando incomodidad o retrasos en el proceso.
- ❖ Es muy importante que los controles ingenieriles sean acordes a la edad y escolaridad de los trabajadores de forma que se asegure que estos puedan utilizarlos de forma adecuada.
- ❖ Los controles deben de ser apropiados conforme a la cultura organizacional de la empresa.
- ❖ Los controles ingenieriles deben de ser viables en términos de salud, seguridad, ambiente, economía, aspectos sociales, aspectos culturales y estándares aplicables.
- ❖ Es importante que los controles protejan la salud y seguridad de los trabajadores sin generar nuevos riesgos como por ejemplo riesgos mecánicos, altas temperaturas, vibraciones, altos niveles sonoros, entre otros.

- ❖ Los controles ingenieriles deben de permitir el cumplimiento legal y normativo en las diferentes áreas aplicables.
- ❖ Los controles ingenieriles deben de acoplarse a las dimensiones del área y estaciones de trabajo de forma que no se requieran grandes cambios en la infraestructura que representen costos elevados y paros del proceso.

### A.1 Presentación de alternativas de solución

Se considera sumamente importante colocar controles ingenieriles para disminuir la exposición en las tareas de mantenimiento y re trabajo. Para el grupo de exposición de re trabajo se proponen las siguientes alternativas de solución.

Cuadro 4-1. Presentación de alternativas para grupo de re trabajo

Alternativa	Descripción	Imagen a modo de ejemplo
# 1 Brazos de extracción montados de forma permanente	Son brazos flexibles, conectados a un sistema de aspiración con filtración que elimina los contaminantes del aire extraído.	 <p>Fuente: Imágenes de Google</p>
#2 Sistema de extracción portátil	Consiste en equipos de aspiración de contaminantes que se pueden desplazar con facilidad de un lugar a otro. Cuentan con brazos de extracción flexibles fáciles de posicionar en el punto de emisión de los contaminantes.	 <p>Fuente: VENTBOSS</p>
#3 Extracción montada en la herramienta	La extracción de los humos de soldadura se integra directamente en la herramienta (cautín), de forma que la extracción esté siempre a mano en el punto de generación de los humos.	 <p>Fuente: Weller</p>

Por otra parte, para la tarea de mantenimiento se proponen las siguientes alternativas de solución:

Cuadro 4-2. Matriz de presentación de alternativas para el grupo de mantenimiento

Alternativa	Descripción	Imagen a modo de ejemplo
#1 Sistema de extracción con campana de extracción modular	Es una campana que cubre una zona específica de aspiración. Permite disminuir la cantidad de partículas de los contaminantes en la atmosfera de trabajo.	 <p>Fuente: Plymovent, 2020</p>
#2 Equipos de extracción portátiles con filtros	Consisten en equipos de aspiración de contaminantes que se pueden desplazar con facilidad de un lugar a otro. Cuentan con brazos de extracción flexibles fáciles de posicionar en el punto de emisión de los contaminantes.	 <p>Fuente: VENTBOSS</p>
#3 Extracción mediante sistema fijo de ductos	Consiste en el diseño de un sistema de ductos, ventiladores, filtros y dispositivos de captación de los contaminantes.	 <p>Fuente: Imágenes de Google</p>

## A.2 Análisis de viabilidad de las alternativas de solución

Una vez descritas las alternativas de solución para ambos grupos de exposición es necesario determinar cuál de ellas es más viable en aspectos de salud, seguridad, ambiente, económico, sociales, culturales y estándares. Por otra parte, es necesario además conocer la viabilidad de las alternativas de solución en cuanto al cumplimiento legal y normativo. Todos estos aspectos se analizan a continuación.

### **A.2.1 Viabilidad en aspectos de salud, seguridad, ambiente, económicos, sociales, culturales y estándares.**

Con el fin de analizar la viabilidad en estos aspectos más adelante se muestran matrices de comparación que permiten identificar las alternativas más viables para la solución al problema. A continuación, se explican los factores tomados en cuenta para el análisis de viabilidad en cada uno de los aspectos.

#### **❖ Salud**

Se consideran viables en aspectos de salud aquellas alternativas que brindan protección ante la emanación de humos de soldadura con plomo y estaño de forma que prevenga que los trabajadores puedan sufrir enfermedades profesionales y otros efectos adversos a corto o largo plazo. De igual forma se toma en cuenta que la alternativa no perjudique a la salud en otros aspectos como por ejemplo altos niveles sonoros, altas temperaturas, entre otros.

#### **❖ Seguridad**

Para analizar la viabilidad en aspectos de seguridad se considera que la alternativa propuesta no origine peligros a los trabajadores que puedan representar riesgos eléctricos, riesgos mecánicos de atrapamiento, fricción, golpes, cortaduras, entre otros. De igual forma se considera que la alternativa no limite el espacio y orden de las áreas de trabajo y que no genere incomodidad a los trabajadores de forma que no incremente la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

#### **❖ Ambiente**

Como parte de la viabilidad ambiental se toma en cuenta el impacto ambiental asociado a la instalación y mantenimiento de la alternativa. De igual forma se considera el consumo energético que representa cada alternativa y la cantidad de desechos que generan así como el adecuado manejo de los mismos.

### ❖ **Económicos**

El análisis de la viabilidad económica se relaciona con los costos de fabricación, compra, instalación y mantenimiento de las diferentes alternativas. De igual forma se toma en cuenta si la alternativa además requiere de operaciones civiles, cambios eléctricos, contratación de servicios, reemplazo de máquinas y herramientas entre otros.

### ❖ **Sociales**

Para determinar la viabilidad social de las alternativas propuestas se analiza si estas se acoplan con la función social de la empresa expresada en su misión, visión y política. De igual forma se analiza si estas alternativas pueden generar un impacto social negativo afectando no solo a la empresa sino también a los trabajadores y sus familiares. En este aspecto también se considera si la alternativa genera un beneficio a la economía del país mediante el apoyo de empresas nacionales que se encargan de la fabricación, importación, venta e instalación de las mismas.

### ❖ **Culturales**

Como parte del análisis de viabilidad en aspectos culturales se toma en cuenta si las alternativas son acordes a las características de los trabajadores involucrados en cuanto a conocimientos, ideas, costumbres, edad y escolaridad. También se relaciona con la cultura organizacional de la empresa tomando en cuenta sus valores, costumbres, hábitos, imagen, forma en que la empresa realiza sus actividades y muy importante las costumbres y directrices de casa matriz en Alemania.

### ❖ **Estándares**

Para el análisis de la viabilidad en aspectos de estándares se toma en cuenta si las alternativas permiten cumplir con el estándar ESD para la industria electrónica.

Cuadro 4-3. Matriz de comparación de viabilidad en aspectos de salud, seguridad, ambiental y económica re trabajo

Alternativas	Aspectos de viabilidad			
	Salud	Seguridad	Ambiental	Económica
#1 Brazos de extracción montados de forma permanente	Esta alternativa no se considera viable en términos de salud pues a pesar de que su fin es atrapar los humos de soldadura e impedir que los trabajadores los inhalen, existe una limitación de espacio que puede causar que no se logre acomodar el dispositivo a la distancia requerida de generación de los humos generando que se liberen pequeñas dosis de humos que puedan ingerir los trabajadores.	Una desventaja a nivel de seguridad, es que el espacio disponible en el cuarto y las estaciones es limitado para colocar el equipo en la pared y los brazos de extracción sobre las estaciones, por lo que al colocarlos y disminuir el espacio surgen riesgos mecánicos como enganche, atrapamiento, fricción y golpes, tanto con las propias estaciones como con otras máquinas en el recinto, esto además podría generar incomodidad aumentando el riesgo de sufrir accidentes.	La colocación de brazos de extracción tiene un bajo impacto ambiental pues no requiere de grandes operaciones civiles, además permite que los contaminantes queden atrapados en los filtros de forma que no se dispersen los contaminantes al ambiente. Las nuevas tecnologías permiten que estos equipos consuman menor cantidad de energía que los grandes sistemas de extracción con ductos.	Los costos económicos asociados a esta alternativa son similares a los de la alternativa #2 pues son equipos que se compran listos de una empresa que se encarga de la distribución de los mismos y el departamento de mantenimiento los instala. En promedio el costo de estos equipos puede rondar los 1500 dólares. Se debe de considerar el cambio de filtros de los mismos.
#2 Equipos de extracción portátiles con filtros	Esta alternativa es muy accesible en términos de salud pues permite extraer los humos de soldadura muy cerca a su punto de generación disminuyendo en gran medida la probabilidad de que los trabajadores inhalen los humos. Además el avance en las tecnologías permite seleccionar de una gran gama de equipos que poseen niveles sonoros bajos asegurando así que no afecte otras áreas de la salud.	Es una alternativa viable en aspectos de seguridad pues estos equipos pueden colocarse por debajo de las estaciones de trabajo sin alterar el espacio en el cuarto y sin interferir en las tareas por lo que los riesgos mecánicos de fricción, golpes, atrapamiento, entre otros son bajos. El riesgo eléctrico de estos equipos es controlado si se instala correctamente y se realiza el mantenimiento preventivo como indica el fabricante.	Al igual que la alternativa #1 el impacto ambiental por la instalación de los equipos es menor que en otras alternativas, pues del todo no requiere que se realicen operaciones civiles como cambios en la infraestructura. Se debe considerar el cambio de filtros sin embargo estos deben de manejarse como desechos especiales según las instrucciones de fabricante para no generar alto impacto en el ambiente	La viabilidad económica de esta alternativa es muy buena pues existe una amplia gama de modelos en el mercado con precios accesibles desde 1000 dólares. Además, este tipo de equipos no genera costos adicionales de instalación aparte de su compra. La instalación y mantenimiento la puede realizar el departamento de mantenimiento por lo que no hay costos adicionales de contratación de servicios.

Alternativas	Aspectos de viabilidad			
	Salud	Seguridad	Ambiental	Económico
#3 Extracción montada en la herramienta	<p>Esta alternativa no se considera viable en términos de salud ya que a pesar de que brinda protección para los humos de soldadura existe un químico denominado flux de soldadura que genera vapores orgánicos volátiles (VOCs). Este flux se utiliza regularmente durante la jornada laboral. La extracción en el cautín no brindaría ningún tipo de protección contra los VOCs ya que estos se generan a partir de la aplicación del flux de soldadura (no se utiliza cautín). De forma que se protegería la salud de los trabajadores en un aspecto pero quedaría desprotegido en otro por lo que es más viable contar con un control que ofrezca protección para ambos contaminantes como lo es el caso de la alternativa #2.</p>	<p>En términos de seguridad esta alternativa se considera viable pues no genera peligros asociados a riesgos mecánicos como cortes, golpes, atrapamiento, fricción, entre otros.</p> <p>Al ser un dispositivo eléctrico se generan riesgos eléctricos, sin embargo, estos riesgos ya existen por el uso del equipo de soldadura y pueden mantenerse controlados mediante el mantenimiento preventivo de los equipos.</p> <p>Un aspecto muy positivo es que no requiere de espacio en absoluto por lo que del todo no genera ninguna incomodidad adicional a los trabajadores minimizando la probabilidad de ocurrencia de accidentes.</p>	<p>La extracción montada en la herramienta tiene ventajas y desventajas en aspectos ambientales. Como aspecto positivo su instalación genera un bajo impacto negativo al ambiente ya que realmente no requiere de operaciones civiles, cambios eléctricos etc. De igual forma otra ventaja es que esta alternativa permite que la extracción funcione de forma automática solamente cuando se está realizando la tarea y cuando no se detiene consumiendo menos energía eléctrica.</p> <p>Un aspecto negativo es que ya las estaciones de trabajo cuentan con equipos de soldadura por lo que a incorporar esta alternativa deberían de cambiarse generando un desecho que no es favorable en términos ambientales ni económicos.</p>	<p>Estos equipos son accesibles económicamente sin embargo como se mencionó anteriormente ya se cuenta con el equipo de soldadura en todas las estaciones de trabajo por lo que debería de sustituirse generando un gasto adicional.</p> <p>De igual forma al no ser apto para VOCs la empresa debería contemplar un control ingenieril extra que proteja a los trabajadores ante estos contaminantes por lo que el costo económico incrementaría. Los costos de reemplazo y disposición final son similares al ser equipos que se compran ya listos y se instalan. Sin embargo el costo de reemplazo en esta alternativa es mayor pues debe de remplazarse también el equipo de soldadura.</p>

Cuadro 4-4. Matriz de comparación de viabilidad social, cultural y estándares re trabajo

Alternativas	Aspectos de viabilidad		
	Social	Cultural	Estándares
#1 Brazos de extracción montados de forma permanente	<p>Esta alternativa no se considera viable en términos de aspectos sociales pues no permite cumplir con las pautas establecidas en la política de la empresa en cuanto a la protección de la salud de los trabajadores ya que como se indica en la viabilidad en términos de salud sino se logra colocar de forma adecuada su eficacia disminuye de modo que la exposición de los trabajadores continua pudiendo generarse enfermedades a largo plazo que no solamente afectan al trabajador sino a sus familiares generando un impacto social negativo.</p> <p>Un aspecto positivo en aspectos sociales es que podría beneficiar la economía del país al comprar los equipos a empresas nacionales que se dedican a la importación, venta y colocación de los mismos.</p>	<p>En cuanto a aspectos culturales es una alternativa viable pues es acorde a las características de los trabajadores y la cultura organizacional de la empresa quienes siempre buscan soluciones modernas, ágiles y efectivas.</p> <p>Es importante considerar que las trabajadoras tienen entre 18 y 30 años y su escolaridad es de al menos grado técnico por lo que están familiarizados con el uso de equipos modernos.</p>	<p>La viabilidad de esta alternativa en cuanto a estándares es buena pues la gran cantidad en el mercado permite cumplir con el estándar ESD que es muy importante para procesos de la industria electrónica.</p>
#2 Equipos de extracción portátiles con filtros	<p>En cuanto a aspectos sociales esta alternativa es viable, se alinea con la política y la misión de la empresa en cuanto a la protección de la salud y seguridad de sus trabajadores pues brindan una buena protección para evitar que los trabajadores se expongan a partículas contaminantes.</p> <p>Por otra parte, a pesar de que estos equipos no se fabrican en el país si contribuyen con la economía del mismo pues se apoya a las empresas que se encargan de la importación y venta de los mismos.</p>	<p>Esta alternativa es muy viable culturalmente pues se acopla con las características y escolaridad de las trabajadoras de re trabajo. Es importante considerar que las trabajadoras tienen entre 20 y 30 años y su escolaridad es de al menos grado técnico por lo que están familiarizados con el uso de equipos modernos.</p> <p>Son equipos innovadores y de alta tecnología con los que la empresa se encuentra familiarizada.</p>	<p>La viabilidad de esta alternativa en cuanto a estándares es buena pues la gran cantidad en el mercado permite cumplir con el estándar ESD que es muy importante para procesos de la industria electrónica.</p>

Alternativas	Aspectos de viabilidad		
	Social	Cultural	Estándares
#3 Extracción montada en la herramienta	<p>Esta alternativa no se considera viable en aspectos sociales pues como se indicó en el análisis de viabilidad para la salud no protege a los trabajadores ante la generación de VOCs, por tanto, no se acopla a la política de la empresa que establece el compromiso por la protección de la salud y seguridad de sus trabajadores.</p> <p>De igual forma, si se implementa esta alternativa los trabajadores podrían sufrir de enfermedades profesionales a futuro afectándose ellos y sus familias, lo que constituye un impacto social negativo.</p>	<p>Al igual que las alternativas #1 y #2 esta alternativa se considera viable culturalmente pues se acopla a las características de edad y escolaridad de los trabajadores.</p> <p>Además, es acorde a la cultura organizacional de la empresa y los trabajadores se encuentran familiarizados con ella pues actualmente se utilizan en otros procesos.</p>	<p>La viabilidad de esta alternativa en cuanto a estándares es buena pues la gran cantidad de opciones en el mercado permite cumplir con el estándar ESD que es muy importante para procesos de la industria electrónica.</p>

Cuadro 4-5. Matriz de comparación de viabilidad en aspectos de salud, seguridad, ambientales y económicos para las alternativas de mantenimiento

Alternativas	Aspectos de viabilidad			
	Salud	Seguridad	Ambiental	Económico
#1 Sistema de extracción con campa de extracción modular	<p>Esta alternativa presenta una gran desventaja en cuanto a la viabilidad en aspectos de salud ya que la campana de extracción cubriría todo el tanque de soldadura y los trabajadores, los humos se dirigen hacia arriba pasando por la zona respiratoria del trabajador aumentando la probabilidad de inhalarlos.</p>	<p>Esta alternativa presenta desventajas que la convierten en poco viable en aspectos de seguridad. Inicialmente, el espacio donde se realiza el mantenimiento es limitado y en condiciones normales (cuando no se está realizando el mantenimiento) se utiliza para transitar y colocar herramientas. La colocación de la campana sería de forma fija por lo que quitaría mucho espacio y además aumentaría la probabilidad de que ocurran accidentes como golpes. Además, otro aspecto muy importante es que la campana quedaría situada muy cerca del tanque de soldadura la cual está a altas temperaturas pudiendo ocasionar que se queme.</p>	<p>El impacto ambiental que genera esta alternativa es mayor en comparación con la alternativa #2 pues se genera un impacto al instalar toda la campana y los ductos. De igual forma, el consumo energético de estos equipos es mayor en comparación con la alternativa #2 y esto no es viable considerando que el equipo se va a utilizar únicamente una vez por semana por lo que se debe estar apagando todo el sistema.</p>	<p>El costo económico de esta alternativa es mucho mayor en comparación con la alternativa #2 ya que debe de pagarse a hacer la cortina de la empresa de acuerdo a las dimensiones y capacidad requeridas. Además se debe de instalar todo un sistema ductos al cual se conecta la cortina para la extracción de los contaminantes. Esto no se considera viable ya que esta tarea se realiza únicamente una vez a la semana. Por otra parte, al igual que para la alternativa #3 los costos de reemplazo y disposición final para esta alternativa son mucho mayores que para la alternativa #2 debido a todo el sistema de ductos que requiere.</p>

Alternativas	Aspectos de viabilidad			
	Salud	Seguridad	Ambiental	Económico
#2 Equipos de extracción portátiles con filtros	Los equipos de extracción portátiles se consideran viables en aspectos de salud pues pueden colocarse muy cerca del punto de generación de los humos para que estos no sean inhalados por el trabajador.	Una ventaja en aspectos de seguridad es que estos extractores portátiles se pueden colocar y retirar del área fácilmente por tanto como el mantenimiento se realiza únicamente una vez a la semana se pueden colocar justo en ese momento y luego retirar. De esta forma no comprometería el espacio lo que disminuye la probabilidad de accidentes por riesgos mecánicos.	Esta alternativa no genera impactos ambientales durante su instalación. El consumo energético es bajo en comparación con otras alternativas pues se puede encender únicamente durante las horas que se realiza la tarea. Se debe de considerar el cambio de filtros sin embargo estos pueden desecharse correctamente según establece el fabricante para evitar la contaminación ambiental.	Esta alternativa representa grandes ventajas desde un punto de vista económico. Existe una gran cantidad de opciones en el mercado con diferentes capacidades de extracción y precios de modo que se puede elegir la mejor opción acorde a las necesidades que se requieren y el presupuesto disponible. Además, una ventaja es que al ser para solamente una vez a la semana durante el tiempo que no se utiliza puede colocarse en otras partes de la planta donde se requiere extracción.
#3 Extracción mediante sistema fijo de ductos	Esta alternativa se considera viable en términos de salud pues permite capturar los humos en su punto de origen e impide que lleguen a los trabajadores y sean inhalados, esto siempre y cuando se pueda diseñar el sistema de forma que la captura de los contaminantes se dé sin que estos pasen por la zona respiratoria. Los niveles de presión sonora pueden ser mayores que los de la alternativa #2 por lo que también debe de considerarse en el diseño para no afectar otras áreas de la salud.	Al igual que la alternativa #1 el espacio es limitado y al colocar el sistema en ese punto de forma permanente se tornaría incómodo para realizar otras tareas aumentando la probabilidad de accidentes por riesgos mecánicos como enganche, golpes, atrapamientos y fricción.	Al igual que para la alternativa #1 el impacto ambiental que genera la instalación de un sistema de extracción fijo de ductos es mayor en comparación con la alternativa #2 pues requiere de operaciones civiles. Generalmente estos sistemas consumen más energía tanto durante su instalación como durante su funcionamiento por lo que nuevamente debe de considerarse al ser utilizado solamente una vez por semana.	El costo económico de esta alternativa es mucho mayor que la alternativa #2. Como precio de mercado se estima que estos sistemas pueden costar aproximadamente 3 dólares por cada cfm sin contar trabajos eléctricos y operaciones civiles por lo que un sistema con una capacidad igual a la de un extractor portátil supera por mucho la inversión necesaria para su instalación. De igual forma si el proceso cambiara de lugar es probable que se pierda el dinero invertido pues no siempre es posible cambiar estos sistemas de un lugar a otro sin que pierdan su eficacia.

Cuadro 4-6. Matriz de comparación de viabilidad social, cultural y estándares mantenimiento

Alternativas	Aspectos de viabilidad		
	Social	Cultural	Estándares
#1 Sistema de extracción con campana de extracción modular	Socialmente esta alternativa presenta ventajas y desventajas. Un aspecto positivo es que la incorporación de este control brindaría trabajo a empresas costarricenses contribuyendo así a la economía del país. Sin embargo, de forma negativa, se asocia con las desventajas a nivel de salud pues si no protege a los trabajadores que realizan el mantenimiento estos podrían enfermarse a corto o largo plazo causando un impacto social negativo en ellos, sus familiares y allegados.	Culturalmente esta alternativa no se considera muy viable ya que tanto los trabajadores como supervisores y otros mandos se encontrarían insatisfechos con el diseño por la limitación que generaría en el espacio lo que podría provocar que los trabajadores eviten el uso del control quedando aún más desprotegidos. Esto se relaciona con la cultura organizacional de la empresa pues se esperan soluciones efectivas y que no limiten otras áreas del proceso.	La viabilidad de esta alternativa en cuanto a estándares es buena pues la gran cantidad de alternativas en el mercado permite elegir materiales para cumplir con el estándar ESD que es muy importante para procesos de la industria electrónica.
#2 Equipos de extracción portátiles con filtros	Desde una perspectiva social a lo interno de la empresa esta alternativa se considera viable pues contribuye con la misión y política de la empresa en cuanto a velar por la salud y seguridad de los trabajadores y minimizar y prevenir los riesgos en las áreas de trabajo. En cuanto a su contribución con la economía del país, aunque estos equipos no se fabrican en Costa Rica si se apoya a las empresas que se dedican a la importación y venta de los mismos.	Esta alternativa es muy viable culturalmente pues se acopla con las características y escolaridad de los trabajadores que realizan el mantenimiento. Es importante considerar que los trabajadores tienen entre 20 y 30 años y su escolaridad es de al menos técnicos en mantenimiento por lo que están familiarizados con el uso de equipos modernos. Son equipos innovadores y es de alta tecnología, además, en cuanto a cultura organizacional los trabajadores conocen este tipo de equipos pues se han utilizado anteriormente en otros procesos.	La viabilidad de esta alternativa en cuanto a estándares es buena pues la gran cantidad de alternativas en el mercado permite cumplir con el estándar ESD que es muy importante para procesos de la industria electrónica.

Alternativas	Aspectos de viabilidad		
	Social	Cultural	Estándares
#3 Extracción mediante sistema fijo de ductos	<p>Socialmente esta alternativa es viable pues responde a la política y misión de la empresa brindando protección a sus trabajadores mediante la disminución de la exposición ocupacional a plomo y estaño.</p> <p>De igual forma esta alternativa aporta a la economía del país pues se contrataría una empresa que realice la instalación inicial del sistema.</p>	<p>Esta alternativa no se considera viable en aspectos de cultura organizacional pues en la empresa existe una cultura de contar con soluciones ágiles, rápidas y eficaces, además modernas, que permitan la solución de los problemas sin retrasar los procesos productivos. Esta cultura ha sido aprendida también de casa matriz en Alemania donde siempre se busca contar con soluciones ágiles y efectivas. Por tanto, se prefieren alternativas que no involucren grandes cambios estructurales, cambios en instalaciones eléctricas y largos periodos de detención del proceso.</p>	<p>La viabilidad de esta alternativa en cuanto a estándares es buena pues se puede construir el sistema con materiales que permitan cumplir con el estándar ESD que es sumamente importante en la industria electrónica.</p>

A partir de las diferentes alternativas presentadas y analizadas anteriormente en aspectos de salud, seguridad, ambiente, económico, social, cultural y estándares se concluye que algunas son viables en unos aspectos y no en otros. Esto se resume en la siguiente matriz.

Cuadro 4-7. Matriz resumen de viabilidad de las alternativas en aspectos de salud, seguridad, ambiente, económico, social, cultural y estándares.

Viabilidad							
Alternativas	Salud	Seguridad	Ambiente	Económico	Social	Cultural	Estándares
Alternativas para re trabajo							
#1	X	X	✓	✓	X	✓	✓
# 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
#3	✓	X	X	X	X	✓	✓
Alternativas para mantenimiento							
#1	X	X	X	X	X	X	✓
#2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
#3	✓	X	X	X	✓	X	✓
Significado de los signos							
✓: La alternativa es viable en ese aspecto.				X: La alternativa no es viable en ese aspecto.			

Como se puede observar, para ambos grupos la alternativa de equipos de extracción portátiles es la que resulta más viables en aspectos de salud, seguridad, ambiente, económico, social, cultural y ambiente.

### A.2.2 Cumplimiento legal y normativo

Es importante asegurar que la alternativa de solución permita cumplir con las leyes y normas técnicas existentes aplicables. Para esto inicialmente se realizará una recopilación de leyes, normas, reglamentos y decretos los cuales se relacionan con los aspectos de cumplimiento legal del programa establecidos en el apartado C del capítulo 2.

A continuación, se enlista la normativa y se describen los requerimientos asociados a cada una de ellas, se la asocia un código a cada una para facilitar posteriormente su mención en una matriz de comparación. Algunas de ellas son leyes de carácter obligatorio en Costa Rica y otras son de acatamiento voluntario.

❖ **Código de trabajo (CT)**

- Establece que el patrono tiene la obligación de adoptar medidas preventivas en salud ocupacional.
- Indica que se debe proporcionar equipos y elementos para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores y asegurarse de que estos funcionen adecuadamente y sean eficientes.

❖ **Convenio para la Protección Contra el Riesgo Debidos a la Contaminación (CPRC)**

- Este convenio establece que es necesario adoptar medidas para prevenir y limitar los riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire.

❖ **Ley general de Salud N°5395 (LGS)**

- Indica que el patrono debe acondicionar los lugares de trabajo para asegurar la protección de la salud de los trabajadores.

❖ **Reglamento General de Seguridad, Salud e Higiene en el Trabajo (RGSHT)**

- Se deben mantener condiciones generales de seguridad e higiene en los centros de trabajo con el fin de proteger la vida, salud, e integridad corporal de los trabajadores.

❖ **Reglamento sobre Higiene Industrial (RHG)**

- Se debe someter a un adecuado tratamiento los humos que se generen del proceso productivo y puedan dañar la salud de los trabajadores.

#### ❖ **Ley orgánica del ambiente (LOA)**

- Establece que se debe de conservar y hacer un uso sostenible de los recursos ambientales.
- No contaminar el ambiente.
- Se debe de realizar un aprovechamiento racional y eficiente de los recursos energéticos.

#### ❖ **INTE 31-08-08:2016 (INTE)**

- Establece requisitos de orden técnico para el establecimiento de controles ingenieriles que permiten una calidad aceptable del aire en los entornos interiores.
- Dentro de los principales requisitos se establece que los controles deben de responder específicamente a las contaminantes presentes en el área de trabajo, características del proceso y características del entorno laboral.
- Especifica requisitos técnicos que deben de cumplir sistemas de ventilación como lo son, caudales de funcionamiento, accesibilidad, posicionamiento de las partes, mantenimiento, entre otros.

En el cuadro 4-8 se indica el cumplimiento de las alternativas de solución con los requerimientos de las leyes y normas establecidos anteriormente. Un aspecto muy importante es que el cumplimiento legal y normativo de las alternativas se relaciona con el análisis en términos de salud, seguridad y ambiente, de modo que una alternativa que no es viable en términos de salud y seguridad pues no protege la salud de los trabajadores y/o genera nuevos riesgos no permitirá cumplir con las normas que se refieren a la salud y seguridad de los trabajadores. De igual forma, las alternativas que no son viables en términos ambientales no permitirán cumplir con la Ley Orgánica del Ambiente.

Cuadro 4-8. Matriz de comparación de cumplimiento legal y normativo de las alternativas

Viabilidad							
Alternativas	CT	CPRC	LGS	RGSHT	RHG	LOA	INTE
Alternativas para re trabajo							
#1	X	X	X	X	X	✓	✓
#2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
#3	X	X	X	X	X	X	✓
Alternativas para mantenimiento							
#1	X	X	X	X	X	X	✓
#2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
#3	X	X	X	X	X	X	✓
Significado de los signos							
✓: La alternativa permite cumplir con los requerimientos de la normativa.				X: La alternativa no permite cumplir con los requerimientos de la normativa.			

Como se puede observar las alternativas #1 y #3 tanto para re trabajo como para mantenimiento no permiten cumplir con los requerimientos que establecen las normativas CT, CPRC, LGS, RGSHT. Esto se debe a que estas establecen el deber del patrón por proteger la salud y seguridad de sus empleados, por tanto, dado que estas alternativas no son viables en salud y seguridad por las razones indicadas en las matrices 4-3 y 4-5 no permiten cumplir dichos requerimientos.

En cuanto al cumplimiento de la Ley Orgánica de la Salud de igual forma para ambos grupos las alternativas #1 y #3 no permiten cumplir con los requerimientos de la ley pues por las razones indicadas en el análisis de viabilidad ambiental no se considera que permitan hacer un uso sostenible de los recursos ambientales, así como un aprovechamiento racional y eficiente de los recursos energéticos.

Finalmente, en cuanto a la norma de ventilación para una calidad del aire aceptable en interiores INTE 31-08-08:2016 todas las alternativas permitirían cumplir con los requisitos técnicos establecidos en la misma para el diseño de controles.

### A.3 Selección de las alternativas más viables

A partir del análisis anterior se concluye que la alternativa de solución más viable para ambos grupos de exposición es la #2 que corresponde a la instalación de equipos de extracción portátiles. En la siguiente matriz se resumen los aspectos y requerimientos que deben de cumplir estos equipos.

Cuadro 4-9. Matriz de aspectos y requisitos necesarios para el diseño de los controles ingenieriles

Aspectos y requisitos necesarios para el diseño		
Aspecto	Requerimientos	Referencia
Caudal mínimo requerido	-Para tareas de mantenimiento: 213,75 m <sup>3</sup> /h. -Para tareas de re trabajo: 71,25 m <sup>3</sup> /h. *Los cálculos realizados para la estimación del caudal se muestran más adelante.	Ventilación industrial. Modern Industrial Higiene.
Tipo de campana de extracción	-Campana de boca redonda para ambos grupos de exposición.	Ventilación industrial. Modern Industrial Higiene.
Velocidades de captura	Al menos 0,5 m/s para ambos casos.	Ventilación industrial. Modern Industrial Higiene.
Eficiencia energética	Es importante que el consumo energético no sea elevado y pueda regularse en relación con la necesidad de uso de los equipos.	Ventilación industrial. Modern Industrial Higiene. Requisitos propios de la empresa.
Tipos de filtros	Filtros aptos para humos de soldadura. Carbón activado.	INTE 31-08-08:2016: Ventilación para una calidad de aire aceptable en interiores.
Nivel de ruido	Menor a 55 dB (A) para ambos.	Requisito impuesto por criterio de la coordinadora de EHS.
Cumplimiento de estándares del sector	Deben de ser ESD para que no interfieran con el proceso.	Características de la industria electrónica, estándar ESD.
Facilidad de transporte	Se requiere que se pueda transportar fácilmente.	Característica propia del proceso.
Acceso	Equipo debe de ser instalado con espacio que permita inspección y mantenimiento de rutina.	INTE 31-08-08:2016: Ventilación para una calidad de aire aceptable en interiores.

Para la estimación del caudal mínimo requerido para las estaciones de re trabajo se establece el siguiente cálculo.

$$Q = V \times A$$

Siendo Q el caudal, V la velocidad de captura real del equipo y A el área de la boca de extracción se obtiene que:

$$Q_{\min \text{ requerido}} = \left[ 7 \frac{m}{s} \times \left( \frac{\pi}{4} 0,06^2 \right) m \right] \times 3600$$

$$Q_{\min \text{ requerido}} = 71,25 \frac{m^3}{h}$$

Para la tarea de mantenimiento el caudal mínimo requerido se obtuvo de la siguiente forma:

$$Q = V \times A$$

$$Q_{\min \text{ requerido}} = \left[ 7 \frac{m}{s} \times \left( \frac{\pi}{4} 0,06^2 \right) m \right] \times 3600$$

$$Q_{\min \text{ requerido}} = 71,25 \frac{m^3}{h}$$

Sin embargo, dado que para esta tarea como se mostrará más adelante se propone utilizar el equipo con tres brazos de extracción para abarcar mayor área del tanque de soldadura el caudal mínimo requerido se triplica obteniendo de esta forma:

$$Q_{\min \text{ requerido}} = 71,25 \frac{m^3}{h} \times 3$$

$$Q_{\min \text{ requerido}} = 213,75 \frac{m^3}{h}$$

A continuación, se presentan los equipos propuestos los cuales fueron seleccionados a partir del análisis de viabilidad y los requerimientos establecidos en el cuadro 4-9. Ambos equipos se seleccionan del proveedor Weller, esto representa una ventaja pues la marca maneja una amplia gama de extractores y accesorios específicos para tareas de soldadura en industria electrónica que permite elegir la mejor opción de acuerdo a las necesidades, características del proceso y estándares.

- **Control ingenieril para estaciones de re trabajo**

Para las estaciones de re trabajo se propuso implementar el extractor MG 130 100-240 V, con un brazo de extracción con campana de boca circular marca Weller el cual se muestra en la siguiente figura.



Figura 4-1. Extractor propuesto para tareas de re trabajo

Fuente: Weller, 2019.

Este equipo cuenta con las siguientes características:

- ❖ Útil para una o dos estaciones de trabajo.
- ❖ Voltaje de 100-240 V.
- ❖ Nivel de ruido de 48 dB (A).
- ❖ Capacidad de 140 m<sup>3</sup> /h.
- ❖ Filtro compacto de carbón activado.
- ❖ Apto para la extracción de humos de soldadura con plomo y estaño y además apto para VOCs generados por el flux de soldadura.
- ❖ Sensor de luz que indica cuando se requiere mantenimiento.

Este equipo se puede adaptar a dos estaciones de trabajo, sin embargo, se recomienda utilizar uno por cada estación con el fin de asegurar que la capacidad de extracción no disminuya, ya que si se usa para dos estaciones la capacidad se divide entre ambas.

Además, este equipo tiene el beneficio de que puede conectarse con el equipo de soldadura al ser de la misma marca. Se recomienda hacer dicha conexión pues esto da la función de que el extractor se regule automáticamente, de forma que este se activa cuando el trabajador está realizando sus tareas y se pone en pausa cuando no. Esto permite alargar la vida útil de los filtros del extractor y regular el consumo energético. Por otra parte, el brazo de extracción recomendado es flexible de un metro de largo para que puedan colocarse bien sobre las estaciones de trabajo. La campana debe de posicionarse a una distancia no mayor a 15 cm del punto de soldadura para lograr una adecuada capacidad de extracción.

A continuación, se muestran figuras con un modelado en tercera dimensión que representan el control ingenieril propuesto para las estaciones de re trabajo. Se presentan diferentes vistas del diseño para que este pueda observarse mejor.



Figura 4-2. Diseño de control ingenieril para estaciones de re trabajo, vista frontal

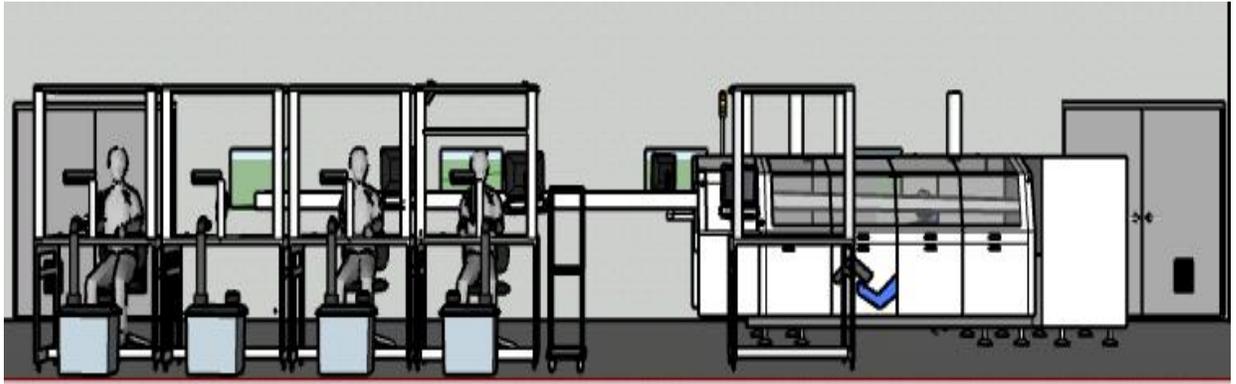


Figura 4-3. Diseño de control ingenieril para estaciones de re trabajo, vista posterior



Figura 4-4. Diseño de control ingenieril para estaciones de re trabajo, vista lateral

- **Control ingenieril para las tareas de mantenimiento**

Para la tarea de mantenimiento se propone instalar el extractor portátil Zero Smog 4V marca Weller, este equipo se propone utilizarlo con brazos de extracción con campana de boca circular. En la siguiente figura se muestra el equipo propuesto:



Figura 4-5. Equipo de extracción propuesto para tarea de mantenimiento

Fuente: Weller, 2019

Este equipo cuenta con las siguientes características:

- ❖ Permite colocar hasta cuatro brazos de extracción.
- ❖ Capacidad de 230 m<sup>3</sup>/h apto para espacios más abiertos donde la liberación de humos de soldadura no es puntual.
- ❖ Nivel de ruido: 51 dB (A).
- ❖ Filtro compacto de carbón activado apto para partículas metálicas.
- ❖ Flujo de aire regulable.
- ❖ Control de filtro electrónico con alarma de filtro óptico y acústico para detectar cuando se requiere mantenimiento.
- ❖ Rondines que permiten su fácil transporte, esto es beneficioso para la tarea de mantenimiento pues como no se utiliza diariamente se puede desplazar y guardar fácilmente.

Dado que para esta tarea el área donde podrían generarse los humos de soldadura es mayor en comparación con la tarea de re trabajo se propone utilizar el equipo con tres brazos flexibles de extracción con campana de boca redonda. Se deberá de colocar un brazo en cada extremo del tanque y uno en el centro esto permitirá abarcar toda el área del tanque de soldadura.

El equipo se colocará de un lado del tanque de soldadura y los brazos de extracción deben de colocarse junto al tanque por debajo de la zona respiratoria de los trabajadores para asegurarse de que los humos sean extraídos sin ser inhalados por los mismos. Una ventaja muy importante de este equipo es que como el mantenimiento de la máquina *wave solder* no se realiza diariamente se puede transportar fácilmente a la hora de realizar la tarea, colocarlo y luego retirarlo del área de modo que no genera limitaciones en el espacio. Otro aspecto importante a considerar es que los trabajadores que se encargan del mantenimiento de la máquina *wave solder* cuentan con estudios técnicos que les permite conocer cómo funcionan estos equipos, como debe de colocarse cada vez que se va a utilizar y como retirarlo de forma adecuada.

A continuación, se muestran figuras con un modelado en tercera dimensión que representan el control ingenieril propuesto para la tarea de mantenimiento de la máquina *wave solder*. Se presentan diferentes vistas del diseño para que este pueda observarse mejor.

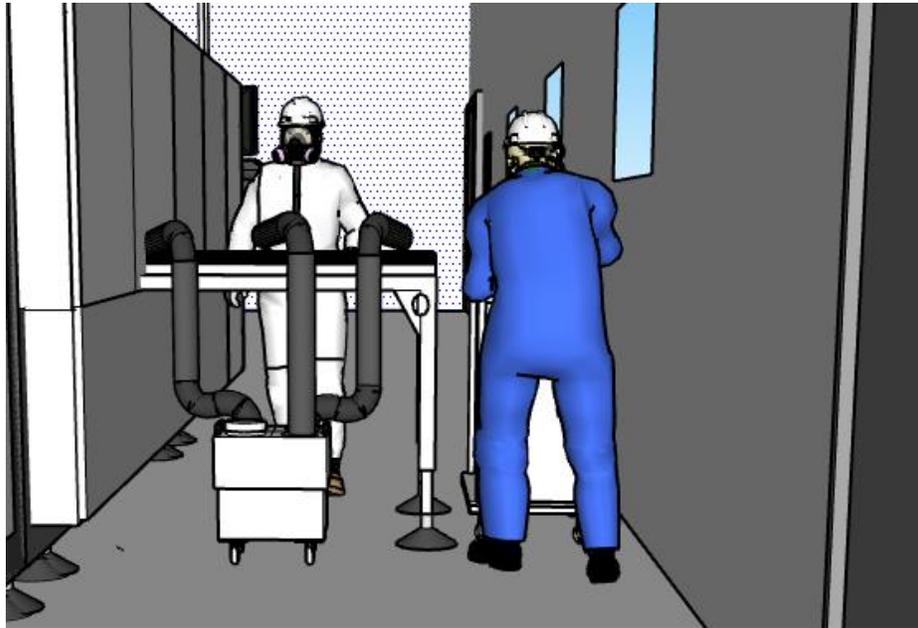


Figura 4-6 Diseño de control ingenieril para tarea de mantenimiento, vista frontal

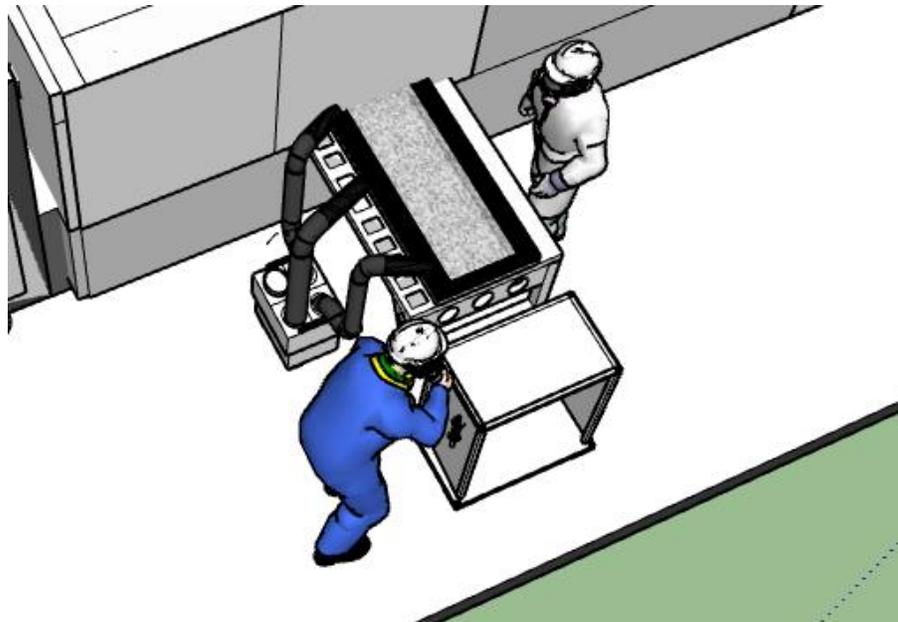


Figura 4-7. Diseño de control ingenieril para tarea de mantenimiento, vista superior

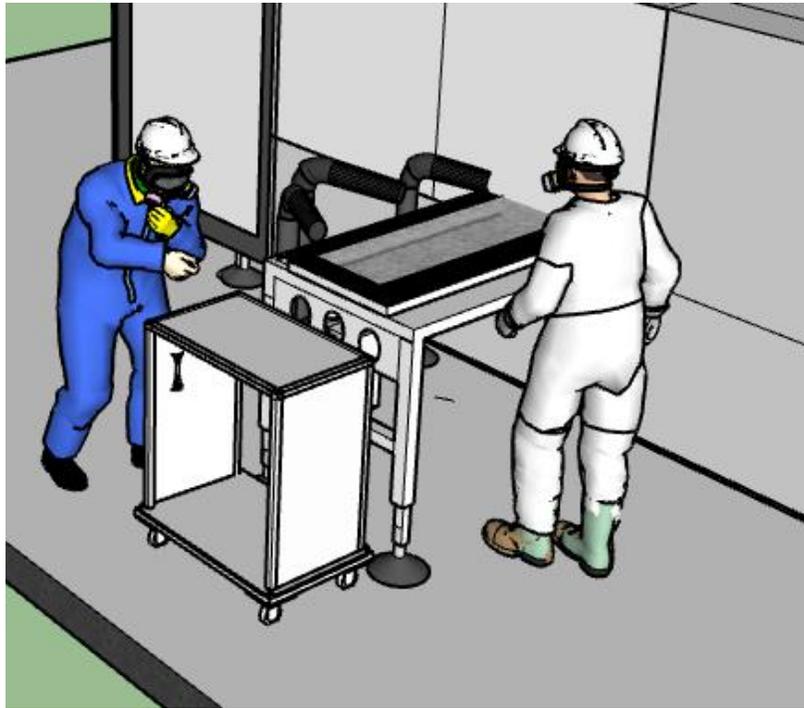


Figura 4-8. Diseño de control ingenieril para tarea de mantenimiento, vista lateral

Finalmente, a continuación se muestra una imagen donde visualizan los controles ingenieriles para ambos grupos de exposición dentro del cuarto de Teradyne:



Figura 4-9. Representación de controles ingenieriles en ambos grupos de exposición

#### - **Mantenimiento de los equipos**

Para ambos equipos es importante el mantenimiento de los mismos de forma que se asegure que estos siempre estén en condiciones óptimas de funcionamiento y que sean eficientes para la captura de los humos. Los equipos deben de ser incluidos en el plan de mantenimiento preventivo que maneja el departamento de mantenimiento, para esto los técnicos a cargo establecen un procedimiento con base en las instrucciones del fabricante.

En términos generales, los equipos cuentan con un pre filtro y un filtro principal. Estos deben de revisarse al menos una vez al mes para verificar su estado y su saturación. Como una estimación general cada diez cambios de pre filtro se requiere el cambio del filtro principal. La frecuencia de estos cambios dependerá de la cantidad de partículas que se extraen, por tanto, en épocas de elevada producción es probable que el cambio de los filtros deba de realizarse de forma más constante. De igual forma, los dos equipos propuestos cuentan con sistemas de alarma cuando se requiere el mantenimiento. Los cambios deben de realizarse siempre por personas competentes y utilizando repuestos originales Weller para no alterar la vida útil de los extractores.

#### - **Buenas prácticas para el uso de los equipos**

Es importante que todos los usuarios de los equipos los utilicen correctamente para alargar su vida útil y además asegurarse que estos están extrayendo los contaminantes. Al igual que para el mantenimiento estos equipos deben de ser instalados por una persona competente. Se considera de gran importancia que en el momento de la instalación la coordinadora de EHS esté presente para garantizar que estos se coloquen en la posición oportuna como se mostró anteriormente en los modelos 3D con el fin de garantizar que los equipos extraigan correctamente los humos de soldadura y no interfieran con el proceso. En el apartado de controles administrativos, procedimiento PT-05 se muestran otras buenas prácticas para el uso de los controles ingenieriles.

## **A. 4 Implementación y validación**

Según se ha mencionado anteriormente, como parte de este proyecto fue posible implementar el control ingenieril propuesto para los puestos de re trabajo. Se instalaron los equipos de extracción localizada portátiles presentados en el apartado de selección de las alternativas más favorables, marca Weller modelo MG 130 100-240.

Mediante el muestreo de los contaminantes y las mediciones de velocidad de captura de los equipos de extracción fue posible validar si estos equipos están cumpliendo con su propósito y si por lo tanto son eficientes. Como se indicó anteriormente en el análisis de los resultados de la evaluación de los contaminantes las concentraciones de plomo y estaño obtenidas se encuentran muy por debajo del TLV-TWA ubicándose en zona de cumplimiento según la norma UNE EN 689:2019+AC. Estos resultados indican que efectivamente los equipos de extracción localizada implementados están funcionando de forma adecuada extrayendo la mayor cantidad de los contaminantes que se generan y brindando un ambiente de trabajo seguro a los trabajadores.

De igual forma, se determinó con el uso del anemómetro de hilo caliente la velocidad de captura promedio de los equipos obteniendo un valor de 7 m/s, este se encuentra por encima del valor de velocidad mínima requerida que como se indicó anteriormente es de 0,5 m/s. Además, estos equipos como se determinó en el análisis son viables en aspectos de salud, seguridad, ambiente, económicos, sociales, culturales y estándares.

Finalmente, un aspecto muy importante es que los trabajadores y demás partes involucradas han demostrado satisfacción con el control pues es eficiente y no interfiere con el proceso. Como se registra en la minuta del día 15 de junio se le presentó la propuesta del programa a la coordinadora de EHS en una reunión en conjunto con el profesor asesor en la cual la misma indicó su satisfacción tanto con el control ya implementado como con los demás controles propuestos.

## B. Equipo de protección personal (EPP)

A continuación, se muestra la propuesta de equipo de protección personal para los trabajadores en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne. Se incluye equipo de protección respiratoria para los humos de soldadura, además se incluye equipo de protección dermal pues como se ha indicado anteriormente es necesario evitar la deposición de partículas de plomo y estaño sobre la piel para que no exista una ingesta accidental de los mismos.

De igual forma, la propuesta del equipo de protección personal que se muestra a continuación considera el riesgo de exposición a altas temperaturas en tareas de mantenimiento pues como se determinó en el análisis de la situación actual en esta tarea se expone un tanque de soldadura derretida a una temperatura de aproximadamente 300 grados Celsius.

### B.1 Protección respiratoria para tareas de micro soldadura

Para las tareas de re trabajo (micro soldadura manual) se propone el respirador de media cara Advantage 200 con los cartuchos MSA Advantage.



Figura 4-10. Equipo de protección respiratoria para re trabajo.

Fuente: ESOSA

Este equipo cuenta con las siguientes características:

- ❖ Diseño liviano, suave y confortable con ajuste adaptable.
- ❖ Brinda protección ante partículas metálicas de plomo y estaño y además los VOCs generados por el uso del Flux de soldadura.
- ❖ Fácil mantenimiento.

## B.2 Protección respiratoria para tareas de mantenimiento

Se propone el respirador de cara completa 6800 de la marca 3M con filtros 2097 eficientes contra partículas de metálicas provenientes de humos de soldadura.



Figura 4-11. Equipo de protección respiratoria propuesto para mantenimiento

Fuente: 3M

Este equipo cuenta con las siguientes características:

- ❖ Pieza facial de material elastomérico que es suave a la piel y brinda mayor comodidad al trabajador.
- ❖ Visor en policarbonato.
- ❖ Liviano durante su uso.
- ❖ Posibilidad de uso con filtros y cartuchos reemplazables para la protección ante ciertos gases, vapores, material particulado y humos.
- ❖ Amplio lente que permite una mayor visibilidad.

### **B.3 Protección dermal para tareas de micro soldadura.**

Para las tareas de micro soldadura se recomienda seguir utilizando la gabacha y guantes de que se utilizan actualmente específicamente en los puestos de re trabajo. Tanto los guantes como la gabacha se consideran aptos para evitar que las partículas de los metales se depositen en la piel por lo que es necesario cambiarlos.

### **B.4 Protección dermal para tareas de mantenimiento.**

#### **B.4.1 Buzo de cuerpo entero**

Para la tarea de mantenimiento se propone el uso de un buzo que cubra todo el cuerpo ante la salpicadura de soldadura partículas de plomo y estaño. Se propone el buzo desechable 3M 4520.



Figura 4-12. Buzo de protección dermal para tareas de mantenimiento.

Fuente: 3M.

Este equipo cuenta con las siguientes características:

- ❖ Material liviano que permite más comodidad al reducir la presión por calor.
- ❖ Contiene elástico en la capucha, cintura y tobillos para mayor seguridad y facilitar el movimiento.
- ❖ Material antiestático para trabajos en áreas donde existe riesgo eléctrico.
- ❖ Cierre de doble sentido con cubierta para mayor protección ante la penetración de contaminantes.

Además, en tareas de mantenimiento se deben de utilizar los siguientes equipos de protección personal que protegen también contra la exposición a altas temperaturas para evitar quemaduras por salpicaduras de la soldadura caliente.

#### **B.4.2 Guantes para protección a calor**



Figura 4-13. Guantes recomendados para tareas de mantenimiento.

Fuente: ESOSA

Este equipo cuenta con las siguientes características:

- ❖ Modelo: 50G Heat and Cold-Resistant 14" Qualatherm 1400 Gloves.
- ❖ Resistente a temperaturas desde -134°C a 760°C.
- ❖ Reutilizables.

#### **B.4.3 Delantal de cuero**



Figura 4-14. Delantal de cuero recomendado para tareas de mantenimiento.

Fuente: ESOSA

Este equipo cuenta con las siguientes características:

- ❖ Delantal protector contra la salpicadura de líquidos a alta temperatura.
- ❖ Delantal de cuero curtido al cromo de una sola pieza.
- ❖ Tira del cuello fija.
- ❖ Tiras en la cintura para sujetarlo de mejor forma.

#### **B.4.4 Polainas de cuero V-Moni**



Figura 4-15. Polainas recomendadas para tareas de mantenimiento

Fuente: ESOSA

Este equipo cuenta con las siguientes características:

- ❖ Polainas retardantes de llama, útiles para soldar y proteger ante salpicaduras.
- ❖ Resistentes al calor y la abrasión.
- ❖ Velcro ajustable y correas elásticas para más comodidad y seguridad.

### **C. Controles administrativos**

Los controles administrativos son un complemento muy importante a los controles ingenieriles y el equipo de protección personal. Estos, permiten aumentar la eficacia de los diseños ingenieriles y el EPP y además permiten la búsqueda de actos seguros y buenas prácticas en los trabajadores.

Como parte de los controles administrativos del presente programa se establecen los siguientes procedimientos:

- ❖ Procedimiento PT-02: Evaluación de la exposición ocupacional a plomo y estaño.
- ❖ Procedimiento PT-03: Selección del equipo de protección personal (EPP).
- ❖ Procedimiento PT-04: Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal (EPP).
- ❖ Procedimiento PT-05: Buenas prácticas de trabajo.
- ❖ Procedimiento PT-06: Vigilancia a la salud por la exposición ocupacional a plomo y estaño.
- ❖ Procedimiento PT-07: Proceso de comunicación.

Cada uno de los procedimientos está compuesto por siete apartados, se define claramente el propósito y alcance de cada uno de ellos. De igual forma se establecen los responsables asociados a cada procedimiento.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Evaluación de la exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño</b>	Código: PT-02
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## A. Introducción

Es necesario establecer una estrategia para el monitoreo de la exposición ocupacional a plomo y estaño. Esta estrategia permitirá establecer un control de las concentraciones de plomo y estaño a las que se exponen los trabajadores, así como verificar si los controles ingenieriles y administrativos están funcionando de forma eficiente o es necesario realizar mejoras.

## B. Propósito

Evaluar la exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.

## C. Alcance

Este procedimiento aplica a todos los trabajadores de la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso que por la naturaleza de las tareas que realizan se exponen a humos de soldadura de plomo y estaño.

## D. Documentación relacionada

D-02-01 Guía para el cálculo de la muestra.

D-02-02 Acta de muestreo.

D-02-03 Bitácora de muestreo.

D-02-04 Herramienta de validación de la calidad del muestreo.

D-02-05 Bitácora de registro de evaluaciones.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Evaluación de la exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño</b>	Código: PT-02
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## E. Responsables y responsabilidades

### E.1 Coordinadora de EHS

- Es la encargada de contratar el laboratorio capacitado para realizar el muestreo y análisis de la exposición ocupacional a plomo y estaño.
- Debe gestionar el presupuesto para la contratación de las evaluaciones.
- Coordinar con las jefaturas pertinentes la fecha y hora de los muestreos.
- Establecer la estrategia de muestreo.
- Realizar el análisis e interpretación de los resultados reportados por el laboratorio.
- Reportar los resultados de las evaluaciones al personal involucrado.
- Mantener registro de firmas de recibido conforme de los trabajadores a los que se les hace entrega del reporte formal de los resultados del muestreo.
- Mantener el registro en el acta de registro de evaluaciones.

### E.2 Monitores de EHS

- Completar la bitácora y acta de muestreo.
- Supervisar que los trabajadores no realicen acciones que puedan alterar el muestreo.

### E.3 Supervisor o líder de área

- Será el responsable de apoyar en la coordinación de las fechas y horas de los muestreos.
- Asignar los trabajadores a evaluar según los requerimientos que indique la coordinadora de EHS.
- Asegurar que durante los muestreos los trabajadores estén realizando las tareas que se requieren.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Evaluación de la exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño</b>	Código: PT-02
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

#### E.4 Trabajadores

- Participar en el muestreo.
- Brindar toda la información que se requiera para efectuar el muestreo y analizar los resultados.
- Actuar de forma responsable durante el muestreo, cuidando los equipos y siguiendo los lineamientos para no alterar el mismo.

#### E.5 Laboratorio que realiza el muestreo

- Tomar las muestras de exposición ocupacional a plomo y estaño.
- Brindar un reporte de los resultados obtenidos, en el que además se incluya el método utilizado, las características del muestreo y el certificado de acreditación de calidad respectivo.

### F. Procedimiento

#### F.1 Generalidades

- ❖ La evaluación de los contaminantes debe de incluir el muestreo personal, la determinación de la cantidad del contaminante mediante métodos analíticos y el análisis de los resultados.
- ❖ El muestreo de plomo y estaño en la línea de producción Teradyne debe de realizarse por un laboratorio certificado en la toma y análisis de muestras que haya sido previamente incorporado según los criterios establecidos por casa matriz.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Evaluación de la exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño</b>	Código: PT-02
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## F.2 Estrategia de muestreo

- ❖ Se deben de seleccionar los grupos de exposición similar que se van a evaluar.
- ❖ La elección de los mismos se realizará mediante una estrategia de peor caso, seleccionando aquellos donde la naturaleza de las tareas implique una exposición mayor y más directa a humos de soldadura.
- ❖ La duración del muestreo será de al menos el 70% de la jornada.
- ❖ El cálculo del tamaño de la muestra se realizará a partir de resultados anteriores con ayuda de la guía D-02-01.
- ❖ Se utilizará el método de muestreo y análisis para metales pesados OSHA ID-206, utilizando los materiales y equipos que establece el método.

## F.3 Uso de la bitácora y acta de muestreo

- ❖ Completar el acta de muestreo (D-02-02) donde se anota la fecha, hora, laboratorio que realiza el muestreo, identificación de la muestra e identificación de la bomba.
- ❖ Anotar en la bitácora de muestreo (D-02-03) todos los acontecimientos ocurridos durante el mismo que permitan el posterior análisis de los resultados.

## F.4 Validación de la calidad del muestreo en lo referente al trabajo de campo y analítico

La coordinadora de EHS en conjunto con los monitores de EHS deben de verificar que el laboratorio que realiza el muestreo cumpla con criterios de calidad y siga todas las pautas establecidas por el método de muestreo. Para esto se utilizará como guía la el documento D-02-04 Herramienta para la validación de la calidad del muestreo que se completará a lo largo de la duración del mismo.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Evaluación de la exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño</b>	Código: PT-02
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

De igual forma, es importante que la coordinadora de EHS mantenga una comunicación constante con el laboratorio sobre el proceso de análisis de las muestras y que el laboratorio especifique por escrito dentro del informe el proceso de análisis de los mismos. Es importante documentar como evidencia todo el proceso de validación de la calidad del muestreo.

#### **F.4 Registro de mediciones**

Se registrará el muestreo realizado en la bitácora de registro de evaluaciones (documento D-02-04). Esto para contar con un historial de las evaluaciones realizadas y determinar si la exposición disminuye, se mantiene o aumenta.

#### **F.5 Notificación al trabajador**

Se le debe de entregar al trabajador un reporte formal de los resultados obtenidos del muestreo. Para esto se coordinará con el supervisor o líder del área una reunión en donde la coordinadora de EHS y el jefe entregarán los reportes formales y atenderán dudas. En caso de que los resultados impliquen la adopción de nuevas medidas preventivas o la reestructuración de las existentes se comunicarán a los trabajadores en esta reunión.

#### **F.6 Parámetros de aceptación**

Para verificar el cumplimiento de la normativa, se realizará el análisis estadístico respectivo y se comparará con la norma INTE 31-08-04: Concentraciones ambientales máximas permisibles en los centros de trabajo. De igual forma se consultarán los valores límites umbrales (TLV-TWA) de la ACGIH más actualizados.

Sin embargo, dado que la política de riesgos es disminuir la exposición a contaminantes lo más posible, no se aceptarán las concentraciones tomando en

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Evaluación de la exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño</b>	Código: PT-02
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

cuenta únicamente el criterio que establece la normativa. Sino además se deberá analizar si esta ha aumentado respecto a evaluaciones anteriores y en caso afirmativo investigar las causas para reforzar los controles o implementar nuevos controles.

### **F.7 Frecuencia de monitoreo**

Una vez establecidos los controles se realizará un muestreo para determinar la eficacia de los mismos, a partir de ahí se realizará el muestreo dos veces al año, cada seis meses. Si después de dos años de muestrear semestralmente las condiciones se mantienen apropiadas se realizará una vez al año. Si cambia alguna condición del proceso que pueda implicar un aumento en la exposición a humos de soldadura se debe de realizar un muestreo para determinar las nuevas medidas preventivas a adoptar ante el cambio en el proceso.

## G. Apéndices

### D-02-01 Guía para el cálculo de la muestra

Zollner Electronics Costa Rica Ltda  
Evaluación de la exposición ocupacional respiratoria a plomo y estaño línea de Teradyne  
Guía para el cálculo de la muestra

Para el cálculo de la muestra se siguen los siguientes pasos:

- ❖ Se calcula la media o MLE y desviación estándar geométrica con los datos existentes.
- ❖ Se divide el valor de la media geométrica entre el TLV-TWA de la sustancia en cuestión.
- ❖ Utilizando la siguiente tabla se relaciona el valor obtenido en el punto 2 (columna) con la desviación estándar (fila) para obtener la cantidad de muestras. Puede ser necesario interpolar.

**Sample size calculations<sup>1</sup> for testing the mean exposure from a lognormal distribution of 8-hr TWAs when  $\alpha \approx 0.05$  and  $\beta \approx 0.10^2$  based on Land's confidence interval (from Hewett, 1997)**

$\sigma_g$ $\mu_c/OEL$	1.5	2.0	3.0	3.5
0.10	4	6	10	15
0.50	7	17	49	90
0.75	23	73	235	435
1.50	9	27	85	170
2.00	4	9	26	51
3.00	3	4	10	18

Acta de muestreo para las mediciones de Pb y Sn en la línea de producción Teradyne Zollner Electronics Costa Rica						
Datos generales						
<b>Nombre de la empresa:</b> Zollner Electronics Costa Rica						
<b>Fecha:</b>						
<b>Nombre del aplicador:</b>						
<b>Laboratorio que realiza el muestreo:</b>						
<b>Contaminantes a muestrear :</b>						
Puesto/Trabajador	ID de la muestra	ID de la bomba	Flujo inicial L/min	Flujo final L/min	Hora inicial	Hora final

D-02-03 Bitácora de muestreo

Bitácora de muestreo para las mediciones de Pb y Sn en la línea de producción Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Datos generales	
Nombre de la empresa: Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha:	
Nombre del aplicador:	
Laboratorio que realiza el muestreo:	
Contaminantes a muestrear:	
Hora	Observaciones

D-02-04 Herramienta para la validación de la calidad del muestreo

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span><b>Lista de verificación</b></span>  </div>		
<b>Herramienta para la validación de la calidad del muestreo ocupacional</b>		
Aspectos a evaluar	Cumplimiento	
	Sí	No
Se explica la metodología del muestreo a los trabajadores.		
Se utiliza correctamente una muestra de blanco.		
La calibración de los equipos se realiza en el sitio.		
El tren de muestreo se arma correctamente (bomba, manguera y dispositivo de captura)		
Se identifican las muestras mediante códigos.		
Se completa el acta de muestreo.		
Los encargados del muestreo se quedan en el sitio verificando que no ocurran errores durante el mismo.		
Se siguen todos los pasos que establece el método de muestreo.		
Una vez finalizado el tiempo de muestreo las muestras se disponen adecuadamente para su almacenamiento hasta el momento de su análisis.		



	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Selección del Equipo de Protección Personal (EPP)</b>	Código: PT-03
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## A. Introducción

En el mercado existe una gran oferta de equipos de protección personal para proteger al trabajador ante los diferentes peligros a los que se expone por la naturaleza de su trabajo. Sin embargo, es necesario seleccionar estos equipos de acuerdo a las características específicas del plomo y estaño, los demás peligros a los que se expone el trabajador como lo es el caso de trabajos en caliente y las características de los trabajadores para asegurarse de que estos sean eficientes.

## B. Propósito

Establecer lineamientos para la selección de equipo de protección personal para los trabajadores de la línea de ensamble Teradyne.

## C. Alcance

Este procedimiento está dirigido a la coordinadora de EHS o persona capacitada en la elección de equipo de protección personal. Además, se dirige a los trabajadores y supervisores que deben de hacer uso del mismo en algún momento de su trabajo.

## D. Documentación relacionada

D-03-01 Boleta de registro y control de EPP.

## E. Responsables y responsabilidades

### E.1 Coordinadora de EHS

- Es la encargada de seleccionar el EPP adecuado para las diferentes tareas.
- Debe gestionar el presupuesto para la compra del EPP seleccionado.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Selección del Equipo de Protección Personal (EPP)</b>	Código: PT-03
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

- Es la encargada de gestionar la compra del EPP.
- Debe solicitar a los fabricantes las fichas técnicas y especificaciones de mantenimiento del EPP seleccionado.
- Debe de mantener un registro del EPP haciendo uso del documento D-03-01.

## E.2 Gerente de calidad

- Es el responsable de aprobar la compra del EPP seleccionado.

## E.3 Trabajadores

- Utilizar correctamente el EPP seleccionado.
- Seguir disposiciones de selección del EPP.

## F. Procedimiento

### F.1 Selección de equipo de protección respiratoria

Para la selección de un adecuado equipo de protección respiratoria se deben de seguir cuatro pasos.

- ❖ Primer paso: conocer el tipo de peligro al que se exponen los trabajadores, el equipo debe de seleccionarse en función al entorno de trabajo determinando a qué tipo de contaminantes se exponen los trabajadores.
- ❖ Segundo paso: determinar si los trabajadores requieren el uso de equipo de protección respiratoria mediante evaluaciones de exposición ocupacional, análisis de riesgos de las tareas y comparaciones contra estándares de límites máximos permitidos.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Selección del Equipo de Protección Personal (EPP)</b>	Código: PT-03
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

- ❖ Tercer paso: se debe determinar el índice de protección (IP) necesario para el equipo de protección respiratoria relacionando el TLV-TWA con las concentraciones de los contaminantes mediante la siguiente formula:

$$IP = \frac{\text{Concentración de la sustancia}}{\text{Límite de exposición permitido}}$$

Una vez que se calcula el índice de protección se utiliza para determinar el factor de protección requerido según el siguiente cuadro.

Cuadro 4-10. Determinación del factor de protección

Índice de protección	Factor de protección
<b>1-9</b>	10
<b>10-49</b>	50
<b>50-99</b>	100
<b>100-999</b>	1000
<b>1000-10000</b>	10000

Fuente: 3M, 2018

- ❖ Paso cuatro: elegir el tipo de respirador, este debe de tener un factor de protección mayor o igual al determinado según la tabla, las características de los trabajadores, diseño, dimensiones, comodidad y la compatibilidad con otros equipos de protección personal.

## F.2 Selección de equipo de protección dermal

Se considera importante seleccionar EPP que brinde protección dermal dado que como se ha mencionado anteriormente las partículas de los contaminantes pueden quedar depositadas en la piel y ser ingeridas accidentalmente. La protección dermal debe de ser apta además para otros riesgos presentes en el proceso, es importante que esta se acople a las características de los trabajadores.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Selección del Equipo de Protección Personal (EPP)</b>	Código: PT-03
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

Para seleccionar el EPP para protección dermal es necesario:

- ❖ Identificar y evaluar los riesgos para definir si el equipo que se requiere solo debe de proteger contra la deposición de partículas metálicas u otros riesgos como protección a altas temperatura, fricción, corte, entre otras.
- ❖ Considerar las características de las tareas a realizar, de forma que el equipo de protección dermal no se convierta en un impedimento para que los trabajadores realicen las tareas adecuadamente.
- ❖ Tomar en cuenta las características físicas de los trabajadores para que los equipos se adapten de forma idónea al trabajador.
- ❖ En caso de la protección dermal que también debe de ser apta para el trabajo con altas temperaturas asegurarse que los equipos sean efectivos ante las temperaturas a las que se expondrán los trabajadores, este es el caso de las tareas de mantenimiento que requieren protección dermal ante la salpicadura de soldadura caliente a aproximadamente 300°C.
- ❖ Realzar una búsqueda exhaustiva de las opciones de EPP en el mercado.
- ❖ Comparar las opciones y elegir la mejor con base en lo descrito anteriormente, costos, vida útil y características de mantenimiento.



	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal (EPP)</b>	Código: PT-04
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## A. Introducción

El uso de equipo de protección personal es un complemento de los controles ingenieriles, no debe de ser utilizado como una única medida de prevención. En el presente procedimiento se muestran los lineamientos asociados al uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal. Además de la protección respiratoria toma en cuenta la exposición dermal y la protección a altas temperaturas que implican algunas tareas como el mantenimiento.

## B. Propósito

Brindar lineamientos para el uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal a utilizar para los trabajadores de la línea de producción Teradyne.

## C. Alcance

Este procedimiento aplica a todos los trabajadores de la línea que bajo alguna de las siguientes condiciones se deban exponer a humos de soldadura Pb y Sn.

- ✓ Los controles ingenieriles en la fuente de emisión no son viables.
- ✓ Los controles ingenieriles no se han efectuado.
- ✓ Los controles ingenieriles no son suficientes para proteger al trabajador.
- ✓ Los controles ingenieriles presentan algún daño o fallo.
- ✓ Tareas consideradas como críticas en donde además de los controles ingenieriles se da la orden explícita de utilizar EPP.

## D. Documentación relacionada

D-04-01 Ficha de inspección mensual de EPP.

D-04-02 Guía de inspección de uso, limpieza y almacenamiento del EPP.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal (EPP)</b>	Código: PT-04
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## E. Responsables y responsabilidades

### E.1 Coordinadora de EHS

- Capacitar a los trabajadores involucrados respecto a la debida aplicación del presente procedimiento.
- Determinar si es necesario el uso de EPP a partir de las evaluaciones de exposición ocupacional a Pb y Sn.
- Actualizarse constantemente en cuanto a nuevas opciones de EPP en el mercado que puedan ser más apropiadas para el proceso.
- Recibir y repartir el equipo de protección personal a los trabajadores.
- Mantener un registro de los trabajadores a quienes se les ha brindado el EPP.

### E.2 Supervisor o líder de área

- Almacenar correctamente el EPP.
- Velar por el cumplimiento de los lineamientos para el uso, almacenamiento y mantenimiento del EPP.
- Revisar el estado del EPP cuando lo devuelven los trabajadores.
- Comunicar de forma oficial a la coordinadora de EHS cuando el EPP se daña o cumple su vida útil y requiere remplazo.

### E.3 Trabajadores

- Seguir los lineamientos del uso, almacenamiento y mantenimiento del EPP.
- Informar a su supervisor cuando el EPP se dañe e implique un reemplazo.
- Cuidar el EPP.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal (EPP)</b>	Código: PT-04
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## F. Procedimiento

### F.1 Uso del EPP

#### F.1.1 Respirador de cara completa 3M para tareas de mantenimiento

- ❖ Antes de colocarse el respirador de cara completa asegúrese de que no tenga pelo facial en la zona del sello que se genera entre el respirador y la cara.
- ❖ Si tiene cabello largo debe de amarrárselo para que este no interfiera con el sello entre el respirador y la cara.
- ❖ Se debe retirar cualquier tipo de joya como aretes, accesorios de cabello, entre otros que puedan interferir con el sello de la cara.
- ❖ Retire el respirador de su embalaje.
- ❖ Chequee todas sus partes para verificar que no presenten fallas.
- ❖ Coloque el filtro de la siguiente manera:
  1. Antes de colocar el filtro revise que su uso está dentro de la fecha permitida.
  2. Revise que las empaquetaduras naranjas se encuentren debidamente colocadas en el respirador.



Figura 4-16. Empaquetaduras de respirador de cara completa

Fuente: 3M

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal (EPP)</b>	Código: PT-04
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

3. Conecte el filtro al respirador dando un cuarto de giro en el sentido de las manecillas del reloj. Debe sentir un pequeño sonido cuando el cartucho queda ajustado en su lugar.



Figura 4-17. Colocación de los filtros

Fuente: 3M

4. El respirador de cara completa con los filtros colocados debe verse de la siguiente forma:



Figura 4-18. Respirador de cara completa con los filtros colocados

Fuente: 3M

- ❖ Colóquese el respirador con los filtros ya incorporados de la siguiente manera:
  1. Suelte completamente las cuatro bandas ajustables.
  2. Coloque el arnés en la parte posterior de su cabeza y ubique la pieza facial sobre su cara.
  3. Ajuste las bandas, primero ajuste las de abajo y luego las superiores evitando que el respirador se ajuste en exceso.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal (EPP)</b>	Código: PT-04
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00



Figura 4-19. Ajuste de bandas de respirador de cara completa

Fuente: 3M

4. Puede disminuir la tensión de las bandas tirando hacia atrás y abriendo las hebillas.
- ❖ Antes de ingresar al área de trabajo realice una revisión del sello del respirador realizando las siguientes pruebas de ajuste:

-Prueba de ajuste positiva:

1. Coloque la palma de su mano sobre la salida de la válvula de exhalación.
2. Exhale de manera habitual, si el respirador se infla levemente y no se detectan fugas de aire el ajuste es adecuado.
3. Si se detectan fugas de aire, ajuste nuevamente las bandas y repita la prueba.



Figura 4-20. Prueba de ajuste positiva de respirador de cara completa

Fuente: 3M

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal (EPP)</b>	Código: PT-04
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

-Prueba de ajuste negativa:

1. Coloque sus pulgares en el medio de los filtros para bloquear el paso de aire.
2. Inhale y retenga el aire durante 5 segundos.
3. Debe sentir que el respirador se adhiere levemente a su cara. En caso contrario ajuste nuevamente las bandas y repita la prueba.



Figura 4-21. Prueba de ajuste negativa de respirador de cara completa

Fuente: 3M

### F.1.2 Respirador para tareas de micro soldadura manual

- ❖ Antes de colocarse el respirador de media cara asegúrese de que no tenga pelo facial en la zona del sello que se genera entre el respirador y la cara.
- ❖ Si tiene cabello largo debe de amarrárselo para que este no interfiera con el sello entre el respirador y la cara.
- ❖ Se debe retirar cualquier tipo de joya como aretes, accesorios de cabello, entre otros que puedan interferir con el sello de la cara.
- ❖ Verifique que el respirador esté en aptas condiciones para su uso.
- ❖ Verifique que el modelo y la talla sean las apropiadas.
- ❖ Verifique que no haya residuos de partículas en el respirador.
- ❖ Verifique que las válvulas de inhalación y exhalación estén libres de residuos.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal (EPP)</b>	Código: PT-04
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

❖ Coloque el respirador de la siguiente forma:

1. Verifique que los cartuchos se encuentren en buen estado y conéctelos al respirador girándolos en dirección a las manecillas del reloj.
2. Pase la banda inferior por detrás de su cabeza y colóquela alrededor del cuello.
3. Coloque la parte delantera del respirador sobre su nariz y coloque la banda superior sobre su cabeza.
4. Ajuste las bandas frontales para que el respirador quede bien posicionado sobre la zona respiratoria.
5. Realice la prueba de ajuste negativa colocando ambas manos sobre los cartuchos e inhalando, aguante la respiración durante 10 segundos. Debe de sentir que el respirador se adhiere a su cara.
6. Realice la prueba de ajuste positiva colocando la mano sobre la válvula de exhalación, exhale durante 10 segundos, no se debe de romper el sello facial.
7. Para retirarse el respirador, inclínese hacia adelante, tire la barbabilla hacia atrás y retire el respirador tirando de la pieza hacia abajo y hacia afuera.

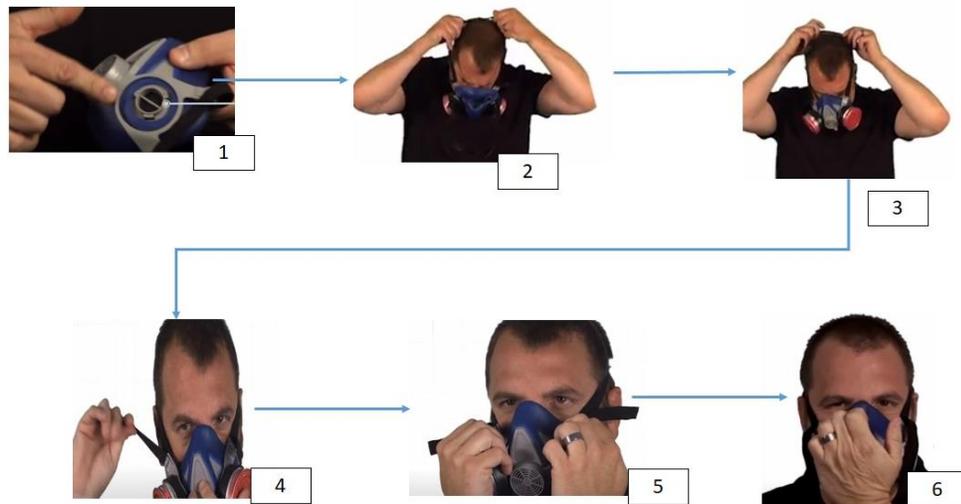


Figura 4-22. Diagrama de pasos para colocarse el respirador de media cara

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal (EPP)</b>	Código: PT-04
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

### F.1.3 Buzo de cuerpo entero para tareas de mantenimiento

- ❖ Antes de sacar el buzo de su empaque verifique que la talla es la correcta para usted.
- ❖ Retire el buzo de su empaque y revise que no tenga defectos como agujeros o rasgaduras, en caso de que presente algún defecto debe de cambiarlo por otro.
- ❖ Retire el calzado, ropa voluminosa o joyas que puedan interferir con el uso del buzo.
- ❖ Colóquese el buzo de la siguiente manera:
  1. Inserte cada una de las piernas cuidadosamente hasta la abertura del tobillo.
  2. Inserte los brazos cuidadosamente por las magas del buzo hasta la abertura del puño.
  3. Enrolle la parte de tobillo y colóquese los zapatos, posteriormente estire nuevamente la parte del tobillo asegurándose de que le cubra la parte baja del pie.
  4. Colóquese la protección respiratoria según los pasos establecidos.
  5. Tire la capucha sobre la cabeza cubriendo la piel.
  6. Cierre cuidadosamente el zipper hasta la barbilla.



Figura 4-23. Diagrama de pasos para la colocación del buzo descartable

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal (EPP)</b>	Código: PT-04
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

❖ Para retirar la buzo una vez finalizada la tarea diríjase a un lugar alejado de la fuente de contaminación y siga los siguientes pasos:

1. Baje el zipper hasta la cintura.
2. Retire cuidadosamente la capucha de la cabeza enrollándolo hacia atrás para evitar contacto con el cuello.
3. Retire cada una de las mangas sujetando el buzo únicamente por el interior de la prenda.
4. Deslice la prenda hacia abajo únicamente tocándola por el interior, retire sus zapatos y retire el buzo con cuidado de no hacer contacto con el exterior del mismo.
5. Retirar demás EPP de acuerdo al procedimiento adecuado.
6. Deséchelo adecuadamente.



Figura 4-24. Diagrama de pasos para retirar buzo descartable

### F.1.4 Guantes

- ❖ Seleccione los guantes a utilizar, ya sea para micro soldadura o tareas que implican exposición altas temperaturas.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal (EPP)</b>	Código: PT-04
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

- ❖ Revise que los guantes no presenten ningún defecto como agujeros o rasgaduras.
- ❖ Colóquese los guantes en ambas manos asegurándose de que cubran incluso la muñeca.
- ❖ Cuando haya finalizado retírese los guantes asegurándose de no tener contacto con la parte contaminada de los mismos.
- ❖ Si los guantes son desechables disponga de ellos adecuadamente.
- ❖ Si los guantes son reutilizables límpielos y devuélvalos a su supervisor para ser almacenados.

#### **F.1.5 Delantal de cuero para tareas de mantenimiento**

- ❖ Antes de colocarse el delantal de cuero verifique esté en buenas condiciones.
- ❖ El delantal de cuero debe de colocarse por encima del buzo protector.
- ❖ Colóquese el delantal insertando inicialmente su cabeza por la tira fija del cuello.
- ❖ Amarre las tiras a su cintura de forma que queden bien sujetadas.

#### **F.1.6 Polainas de cuero para tareas de mantenimiento**

- ❖ Verifique que las polainas se encuentren en buen estado sin huecos o rasgaduras.
- ❖ Coloque las polainas sobre sus zapatos de seguridad.
- ❖ Ajuste bien cada una de las polainas con el velcro.

#### **F.2 Mantenimiento del EPP**

- ❖ El supervisor debe de revisar periódicamente el EPP para determinar si requiere reemplazo de algún equipo de protección personal tanto por daños como por la expiración de los mismos y completar el documento D-04-01.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal (EPP)</b>	Código: PT-04
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

- ❖ En el caso de los respiradores de cara completa si se requiere la sustitución de partes estas deben de ser reemplazadas por repuestos originales y por una persona calificada para realizar el cambio.
- ❖ Se debe realizar la limpieza de los equipos siguiendo las instrucciones establecidas por el fabricante cada vez que al chequearlos se determine la necesidad de limpiarlos.

### F.3 Almacenamiento del EPP

- ❖ Se colocará un gabinete de pared en el área de Teradyne para guardar el EPP, esto para que siempre esté al rápido alcance de los trabajadores.
- ❖ Dentro del gabinete el EPP que ya ha sido utilizado se guardará individualmente en bolsas selladas rotuladas con el nombre del trabajador.
- ❖ El gabinete debe colocarse lejos de fuentes de calor y se debe de asegurar que esté libre de humedad.
- ❖ El EPP debe de estar limpio y seco antes de guardarse.



Figura 4-25. Ejemplo de gabinete para almacenar EPP

Fuente: Imágenes de Google

En la figura anterior se muestra un ejemplo del gabinete que se colocará para guardar el EPP. Este será confeccionado por el departamento de *toolshop*.

## G. Apéndices

### D-04-01 Ficha de inspección mensual de EPP

Zollner Electronics Costa Rica Ltda 			
Ficha de inspección mensual de EPP			
Nombre de persona que realiza la inspección			
Fecha de inspección			
Tipo de EPP	Trabajador al que pertenece	Hallazgos	Acciones correctivas a tomar

D-04-02 Guía de inspección de uso, limpieza y almacenamiento del EPP.

Guía de inspección de uso, limpieza y almacenamiento de EPP					
Item	Sí	No	No aplica	Observaciones	
Uso del EPP					
Trabajadores seleccionan el EPP adecuado según el procedimiento PT-02					
Trabajadores se colocan EPP en un lugar apropiado alejado de las fuentes de exposición					
Los trabajadores siguen todos los pasos establecidos en el procedimiento PT-03 para colocarse el EPP					
Los trabajadores siguen todos los pasos establecidos en el procedimiento PT-03 para quitarse el EPP					
Mantenimiento del EPP					
Se ha realizado la inspección mensual del EPP a utilizar					
Se ha realizado el mantenimiento preventivo de los equipos de acuerdo a las especificaciones del fabricante					
Se notifica a la coordinadora de EHS de cualquier daño en el EPP					
El EPP se manipula con el cuidado debido					
Almacenamiento de EPP					
El EPP está limpio y seco antes de guardarse					
Se almacena el EPP en el lugar asignado para esto según establece el procedimiento					

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Buenas prácticas de trabajo</b>	Código: PT-05
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## **A. Introducción**

La adopción de buenas prácticas de trabajo en la línea de ensamble Teradyne es muy importante para disminuir la exposición ocupacional a plomo y estaño. En el presente procedimiento se muestran buenas prácticas de trabajo para disminuir tanto la exposición respiratoria como la posibilidad de ingerir cantidades de plomo y estaño a partir de la deposición de los contaminantes en el cuerpo.

## **B. Propósito**

Definir buenas prácticas de trabajo para disminuir la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.

## **C. Alcance**

Este procedimiento aplica a todos los trabajadores de la línea cuyas tareas impliquen la exposición a plomo y estaño.

## **D. Documentación relacionada**

PT-02: Selección de equipo de protección personal.

PT-03: Uso, almacenamiento y mantenimiento del EPP.

## **E. Responsables y responsabilidades**

### **E.1 Coordinadora de EHS**

- Promover en los trabajadores las buenas prácticas de trabajo.
- Mantenerse actualizada respecto a nuevas prácticas que se pueden implementar.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica
Fecha: Junio, 2020	
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><b>Buenas prácticas de trabajo</b></div> <div style="text-align: right;"> Código: PT-05  Versión: 00 </div> </div>

## E.2 Supervisor o líder de área

- Velar por el cumplimiento de las buenas prácticas de trabajo.

## E.3 Trabajadores

- Acatar disposiciones sobre buenas prácticas de trabajo.

## F. Procedimiento

### F.1 Buenas prácticas de trabajo en general

- ❖ El trabajador debe ingresar al cuarto de Teradyne con su uniforme limpio y no con ropa particular para evitar la deposición de contaminantes sobre la misma.
- ❖ Una vez finalizada la jornada el trabajador debe cambiarse y llevarse la ropa a la casa para ser lavada. No debe salir de la empresa con su uniforme puesto.
- ❖ La ropa de trabajo debe lavarse separada de la demás.
- ❖ En cualquier momento que se salga de la planta la gabacha debe colocarse en el espacio designado para gabachas de Teradyne en el área de lockers.
- ❖ Se prohíbe el consumo de alimentos o bebidas dentro del cuarto de Teradyne.
- ❖ Debe evitarse tocar la cara mientras realizan las tareas.

#### F.1.1 Lavado de manos

Para evitar la ingesta accidental de plomo y estaño se debe de realizar un lavado adecuado ante las siguientes condiciones:

- ❖ Antes de realizar cualquier tiempo de comida.
- ❖ Antes de tocarse la cara.
- ❖ En cualquier momento al salir del cuarto de Teradyne.
- ❖ Antes de realizar otra tarea que no involucre la exposición a los contaminantes.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Buenas prácticas de trabajo</b>	Código: PT-05
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

El lavado de manos se debe de realizar con agua y jabón removedor de metales pesados, siguiendo el protocolo básico de lavado de manos que se muestra en el siguiente diagrama.

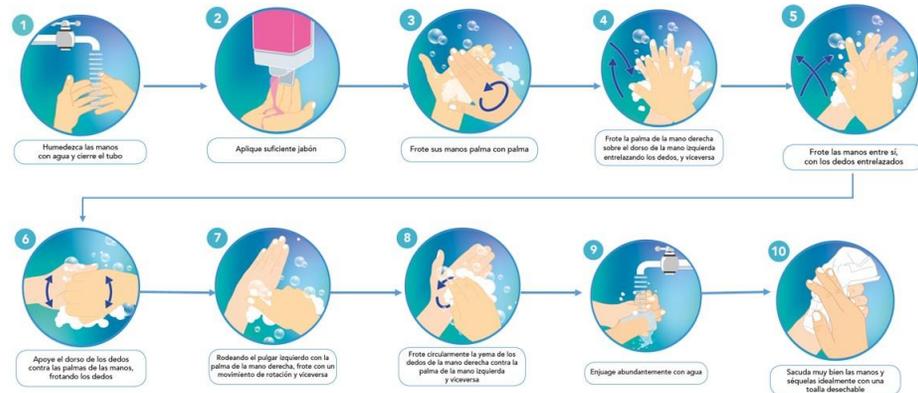


Figura 4-26. Pasos para un correcto lavado de manos

Fuente: Ministerio de Salud de Costa Rica, 2019

Se propone el jabón removedor de metales pesados D-LEAD el cual es eficiente para remover metales pesados de la piel incluyendo plomo.

### F.1.2 Limpieza de superficies de trabajo

Es importante realizar una adecuada limpieza de las estaciones de trabajo para eliminar las partículas de plomo y estaño que puedan estar depositadas y puedan quedarse en las manos aumentando el riesgo de ingestión.

- ❖ La limpieza de estaciones de trabajo debe de realizarse al menos tres veces durante la jornada antes de salir a los tiempos de comida.
- ❖ Se debe disponer de al menos cinco minutos para realizar una limpieza apropiada.
- ❖ Cada trabajador es el responsable de limpiar su estación.
- ❖ Se debe seguir los siguientes pasos:

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Buenas prácticas de trabajo</b>	Código: PT-05
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

1. Asegurarse de estar utilizando guantes antes de iniciar la limpieza de estaciones de trabajo.
2. Ordenar todas las herramientas sobre la estación de forma que no interfieran con la limpieza.
3. Utilizando alcohol isopropílico y una toallita desechable limpiar toda la superficie, se pueden utilizar varias toallitas si se requiere.
4. Asegurarse de limpiar bien bordes de superficies y espacios donde pueda haber acumulación de los contaminantes.
5. De igual forma utilizando una toallita y alcohol isopropílico limpiar todas las herramientas de trabajo principalmente en puntos de agarre.
6. De igual forma limpiar equipos como microscopios, mouse, teclado.
7. Al finalizar la limpieza retirar inmediatamente los guantes y desecharlos.
8. Lavarse las manos adecuadamente.

## **F.2 Procedimientos para tareas específicas**

### **F.2.1 Re trabajo / Tareas de micro soldadura manual**

Todas las tareas de micro soldadura, ya sea para para puestos de re trabajo, realización de validaciones entre otras deben de implementar los siguientes lineamientos:

- ❖ Seleccionar adecuadamente el equipo de protección personal a utilizar según el procedimiento PT-02: Selección de equipo de protección personal en caso de que sea necesario.
- ❖ Colocarse adecuadamente el equipo de protección personal según procedimiento PT-03: Uso, almacenamiento y mantenimiento del EPP en caso de que sea necesario.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Buenas prácticas de trabajo</b>	Código: PT-05
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

- ❖ Revisar que los extractores localizados estén encendidos y en funcionamiento.
- ❖ Revisar que el extractor no tenga encendida una luz roja de manera fija o parpadeando, esto significa que el extractor requiere mantenimiento.
- ❖ En caso de que se presente la situación anterior o el extractor no encienda se debe de notificar inmediatamente al supervisor y utilizar equipo de protección respiratoria.
- ❖ Posicionar la campana extractora a una distancia no mayor de 6 pulgadas del punto de soldadura.
- ❖ Evitar tocarse la cara, cabello u otras partes del cuerpo mientras realiza las tareas.
- ❖ De igual forma evitar la interacción física con otras personas que ingresen al cuarto.

### **F.2.2 Tarea de mantenimiento de la máquina de soldadura en ola.**

Al realizar el mantenimiento de la máquina de soldadura en ola (wave solder) se deben de seguir los siguientes lineamientos.

- ❖ Todos los trabajadores que realicen el mantenimiento deben de cumplir con la matriz de entrenamiento.
- ❖ Verificar la ubicación del interruptor energía, paro de emergencia (a la izquierda y derecha de la máquina)
- ❖ Seleccionar adecuadamente el equipo de protección personal a utilizar según el procedimiento PT-02: Selección de equipo de protección personal.
- ❖ Colocarse adecuadamente el equipo de protección personal según procedimiento PT-03: Uso, almacenamiento y mantenimiento del EPP.
- ❖ Indicar a las demás personas en el área que deben de salir para realizar el mantenimiento.
- ❖ Solo deben de estar dentro del cuarto las personas indispensables, es decir trabajadores específicos de la línea. Las demás personas que deban entrar al

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Buenas prácticas de trabajo</b>	Código: PT-05
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

cuarto a supervisar o realizar alguna visita deben de esperar a que finalice el mantenimiento.

- ❖ Se debe colocar la señal “PRECAUCIÓN, LABORES DE MANTENIMIENTO” en ambas puertas del cuarto Teradyne.
- ❖ Se debe delimitar el espacio donde se expone el taque de soldadura para evitar que algún otro trabajador se acerque a la soldadura caliente y sufra algún accidente.
- ❖ Posicionar el extractor localizado cerca del tanque de soldadura.
- ❖ Asegurarse de posicionarlo en un lugar que no interfiera con la tarea.
- ❖ Colocar las campanas del extractor en una posición adecuada a la altura de la superficie de trabajo. Como se muestra en la siguiente figura.

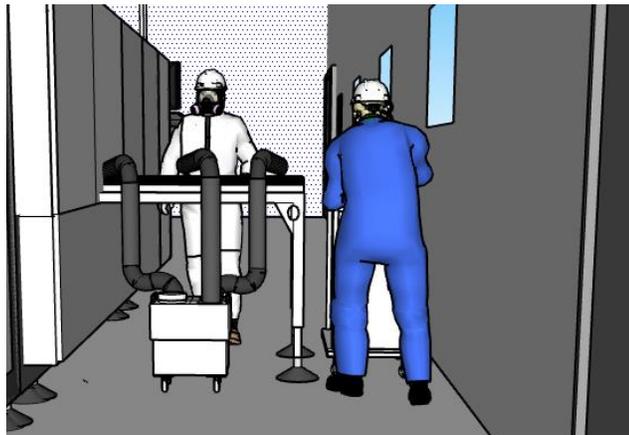


Figura 4-27. Ejemplo de posición del extractor para tareas de mantenimiento

- ❖ Al finalizar el mantenimiento realizar una limpieza adecuada de todas las superficies de la máquina utilizando toallitas y alcohol isopropílico.
- ❖ Limpiar de igual forma todas las herramientas que utilizaron antes de guardarlas, esto con el fin de almacenarlas libre de contaminantes.
- ❖ Retirarse el EPP.
- ❖ Realizar un adecuado lavado de manos.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Vigilancia a la salud por la exposición ocupacional a Pb y Sn</b>	Código: PT-06
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## A. Introducción

La vigilancia a la salud es un complemento sumamente importante a los controles ingenieriles pues permite realizar un monitoreo del estado de salud de los trabajadores que se exponen a plomo y estaño como parte de sus labores. Es muy importante que exista un monitoreo desde el momento que el colaborador ingresa a la línea como a lo largo del tiempo para determinar si la salud del trabajador no se está poniendo en riesgo. En el caso del plomo es importante recordar que es un metal que puede causar enfermedades graves en exposiciones crónicas como lo es el desarrollo de cáncer. El presente procedimiento se basa en el estándar OSHA 1910.1025.

## B. Propósito

Brindar lineamientos para la vigilancia de la salud de los trabajadores que se exponen a plomo y estaño en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.

## C. Alcance

El alcance del presente procedimiento se dirige a todos los trabajadores de la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso que se exponen a plomo y estaño.

## D. Documentación relacionada

- D-06-01 Guía de aspectos que debe contener el historial clínico.
- D-06-02 Guía de exámenes médicos.
- D-06-03 Cuestionario a trabajadores basado en OSHA 1910.134

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Vigilancia a la salud por la exposición ocupacional a Pb y Sn</b>	Código: PT-06
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## E. Responsables y responsabilidades

### E.1 Coordinadora de EHS

- Es la encargada de gestionar los exámenes médicos a realizar en conjunto con el médico de empresa.
- Será la responsable de seleccionar los trabajadores que por la naturaleza de su trabajo requieren los exámenes médicos.

### E.2 Médico de empresa

- Debe entrevistar a los trabajadores para obtener información importante como antecedentes, estilo de vida, síntomas entre otros.
- Enviar los exámenes médicos necesarios a cada trabajador.
- Llevar un control de los expedientes de los trabajadores donde se incluya la información recolectada mediante las entrevistas.
- Deberá informar a los trabajadores sobre los resultados obtenidos de los exámenes.
- Prescribir medicamentos a los trabajadores en caso de que sea necesario.

### E.3 Supervisor o líder de área.

- Promover el interés de los trabajadores para participar en los procesos de vigilancia médica.
- Brindar permiso a los trabajadores para asistir a citas médicas.
- Comunicar a coordinadora de EHS la incorporación de nuevos trabajadores a la línea para agregarlos al control de exámenes médicos.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Vigilancia a la salud por la exposición ocupacional a Pb y Sn</b>	Código: PT-06
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## E.4 Trabajadores

- Participar del procedimiento de vigilancia a la salud.
- Asistir a las citas de control en la hora y fecha solicitada.

## F. Procedimiento

### F.1 Aspectos iniciales

Inicialmente, como parte de la vigilancia a la salud el médico de empresa quien debe estar debidamente calificado realizará una entrevista a los trabajadores que pertenecen a la línea de producción Teradyne y se exponen a Pb y Sn. En esta entrevista se recolectará información referente a antecedentes de:

- ❖ Exposición anterior a plomo y estaño en aspectos laborales o no laborales.
- ❖ Hábitos de fumado.
- ❖ Problemas gastrointestinales.
- ❖ Problemas hematológicos.
- ❖ Problemas renales.
- ❖ Problemas cardiovasculares.
- ❖ Problemas reproductivos.
- ❖ Problemas neurológicos.

### F.2 Realización de exámenes médicos

A todos los trabajadores de la línea de ensamble Teradyne se les debe de realizar los exámenes médicos establecidos en el documentos D-06-02 y cualquier otro que el médico de empresa considere conveniente. Los gastos por estos exámenes deben de ser cubiertos por la empresa.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Vigilancia a la salud por la exposición ocupacional a Pb y Sn</b>	Código: PT-06
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

### **F.3 Seguimiento de los resultados de las pruebas médicas**

- ❖ El médico de empresa debe de dar seguimiento a los resultados de todos los trabajadores.
- ❖ Se debe cambiar de puesto a un trabajador que arroja resultados alterados o por recomendación médica si se determina que el trabajador tiene alguna condición que lo hace vulnerable.
- ❖ El trabajador podrá regresar a su antiguo puesto de trabajo únicamente cuando un médico especialista determine que es seguro.

### **F.4 Frecuencia en que se deben de realizar los exámenes médicos**

- ❖ Anualmente para cada empleado que en el examen realizado en los últimos 12 meses anteriores los resultados sean aceptables y no indiquen sobre-exposición a los contaminantes.
- ❖ Antes de la incorporación a la línea de producción de cada nuevo empleado.
- ❖ Tan pronto como sea posible cuando algún trabajador manifieste síntomas asociados a la exposición a plomo y estaño.
- ❖ Tan pronto como sea posible bajo recomendación médica.
- ❖ Si se retira un empleado de la línea porque los exámenes salen alterados se le debe de brindar un monitoreo de forma mensual.

## G. Apéndices

### D-06-01 Guía de aspectos que debe contener historial clínico

	Historial clínico para la exposición ocupacional a Pb y Sn
Fecha	
Nombre del trabajador	
Número de cedula	
Sexo	
Edad	
Antecedentes médicos	
Puesto de trabajo	
Descripción de las funciones	
Fecha en que inicia en el puesto	
Exámenes prescritos	
Resultados de exámenes prescritos	
Periodicidad de la vigilancia	
<b>Adicionalmente se debe de incluir en el expediente</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>-Copias de todos los resultados médicos.</li><li>-Copia de cuestionario D-06-03.</li><li>-Registros de cualquier reporte o queja de los trabajadores.</li></ul>	

## D-06-02 Guía de exámenes médicos



Guía de exámenes médicos para la vigilancia a la salud por a exposición ocupacional a plomo y estaño

- ❖ Nivel de Pb en sangre.
- ❖ Determinaciones de hemoglobina y hematocritos.
- ❖ índices de glóbulos rojos.
- ❖ Examen de morfología de frotis de sangre periférica.
- ❖ Zinc protoporfina.
- ❖ Nitrógeno ureico en sangre.
- ❖ Suero de creatinina.
- ❖ Radiografía de pecho.
- ❖ Pruebas de función pulmonar.
- ❖ Pruebas de función hepática y renal.
- ❖ Exámenes del sistema nervioso.
- ❖ Rutina de análisis de orina con examen microscópico.
- ❖ Cualquier otro que recomiende el médico.

D-06-03 Cuestionario a trabajadores basado en OSHA 1910.134

		D-06-03	
Cuestionario de evaluación médica basado en estándar OSHA 1910.134			
Datos generales			
Fecha			
Nombre			
Edad			
Sexo			
Altura			
Peso			
Ha tenido alguna de las siguientes condiciones médicas		Sí	No
Convulsiones			
Diabetes			
Problemas de presión arterial			
Problemas cardiovasculares			
Problemas respiratorios			
Debilidad, falta de energía o fatiga			
Problemas de vista			
Dificultad auditiva			
Problemas de fertilidad			
Cáncer de algún tipo			
Problemas musculares			
Trastornos mentales			
Algún otro tipo de padecimiento			
Responda a las siguientes interrogantes		Sí	No
Ha estado expuesto anteriormente a sustancias peligrosas (humos, vapores, polvo, etc)			
En caso de que la respuesta anterior sea sí, ¿cuáles?			
Cuenta con otro trabajo adicional a este			
Se ha informado respecto a los riesgos asociados a su trabajo			

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Procesos de comunicación</b>	Código: PT-07
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## A. Introducción

La comunicación de riesgos y otros aspectos entre las partes involucradas del programa es sumamente importante para la eficiencia del mismo. En el presente procedimiento se proponen lineamientos para los procesos de comunicación directa e indirecta.

## B. Propósito

Brindar lineamientos para los procesos de comunicación directa e indirecta del programa.

## C. Alcance

El alcance del presente procedimiento se dirige a todos los trabajadores de la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso que se exponen a plomo y estaño.

## D. Documentación relacionada

PT-05: Buenas prácticas de trabajo.

## E. Responsables y responsabilidades

### E.1 Coordinadora de EHS

- Es la encargada de gestionar los posters de comunicación indirecta de los riesgos.
- Debe de fomentar la comunicación de las partes involucradas en el programa.

### E.2 Supervisor o líder de área

- Debe de mantener una comunicación directa con la coordinadora de EHS y los colaboradores a su cargo.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Procesos de comunicación</b>	Código: PT-07
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

- Debe de mostrarse anuente a escuchar a sus colaboradores.
- Debe de fomentar la comunicación de aspectos del programa en su personal a cargo.

### **E.3 Trabajadores**

- Deben de comunicar todos los aspectos que consideren necesarios para la eficiencia del programa.
- Seguir lineamientos de comunicación.

## **F. Procedimiento**

### **F.1 Comunicación directa**

- ❖ La comunicación directa se realizará mediante el supervisor inmediato.
- ❖ Cualquier aspecto relacionado al programa deberá de ser comunicado lo más pronto posible.
- ❖ El trabajador comunica directamente a su supervisor o líder de área.
- ❖ El supervisor comunica a la coordinadora de EHS.
- ❖ La coordinadora de EHS comunica al Gerente de Calidad y Gerente General en caso de que sea necesario.
- ❖ La comunicación se dará de forma personal o mediante el correo electrónico de Zollner.
- ❖ Se deben de guardar evidencias de todos los aspectos que se comuniquen referentes al programa.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Procesos de comunicación</b>	Código: PT-07
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## F.2 Comunicación indirecta

- ❖ La comunicación indirecta se realizará con el fin de comunicar los riesgos asociados a las tareas en el área de trabajo e incentivar a los trabajadores a seguir las medidas preventivas y participar activamente del programa.
- ❖ Se colocarán posters informativos relacionados a las medidas preventivas.
- ❖ Estos posters se deberán de colocar dentro del cuarto Teradyne.
- ❖ Se deberán imprimir en tamaño A3 para que puedan visualizarse con facilidad.
- ❖ En apéndices se muestran cuatro posters sobre los siguientes temas:
  - ✓ Poster #1: Recordatorio sobre el uso adecuado del extractor localizado para las estaciones de re trabajo.
  - ✓ Poster #2: Incentivación de la participación del programa.
  - ✓ Poster #3: Precaución por humos de soldadura a la hora del mantenimiento.
  - ✓ Poster #4: Buenas prácticas de trabajo.

Estos posters deberán de estarse actualizando con nueva información de forma frecuente para estar siempre actualizándose y captar la atención de los trabajadores.

## G. Apéndices

Poster #1: Recordatorio sobre el uso adecuado del extractor.



ANTES DE INICIAR TUS TAREAS

**VERIFICA QUE EL EXTRACTOR  
DE TU ESTACIÓN DE TRABAJO  
ESTÉ ENCENDIDO**

Si detectas alguna anomalía o fallo en el  
equipo debes de comunicarlo inmediatamente a  
tu supervisor

Elaborado por: Makeylin Rodríguez.



## TUS APORTES SON VALIOSOS PARA CONSTRUIR UN ENTORNO DE TRABAJO MÁS SEGURO

**1**

### **SIGUE TODAS LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN**

Conviértete en un ejemplo para tus compañeros al seguir todas las medidas de prevención.

**2**

### **COMUNICA HALLAZGOS**

Comunica cualquier hallazgo asociado a la exposición a partículas contaminantes para buscar soluciones efectivas.

**3**

### **PARTICIPA EN LA MEJORA CONTINUA**

Nadie conoce tu trabajo mejor que tú, por ende si tienes alguna idea que contribuya a tener un entorno de trabajo más seguro no dudes en transmitirla.

**4**

### **MOTIVA A TUS COMPAÑEROS**

Si ves que alguno de tus compañeros no sigue las medidas de prevención debes de motivarlo a actuar correctamente por su seguridad.

# LA SEGURIDAD ES UN TRABAJO DE TODOS

Elaborado por: Makeylin Rodríguez.

# PRECAUCIÓN



**EN ESTE MOMENTO SE ESTÁ  
REALIZANDO EL  
MANTENIMIENTO DE LA  
MÁQUINA WAVE SOLDER**

**HUMOS DE SOLDADURA EN LA  
ATMÓSFERA**

# Mantengamos buenas prácticas de trabajo

## Prácticas generales



Lávate las manos adecuadamente para remover partículas contaminantes y evitar ingerirlas.

- Antes de realizar los tiempos de comida.
- Antes de tocarse la cara.
- En cualquier momento al retirarse del área de trabajo.



Evita tocarte la cara mientras realizas tus tareas para reducir el riesgo de ingerir partículas contaminantes.

## Limpeza de superficies de trabajo

Realiza una adecuada limpieza de tu estación de trabajo al menos tres veces al día para evitar la acumulación de partículas contaminantes.



Utiliza toallitas de alcohol isopropílico para limpiar todas las superficies incluyendo herramientas, pantalla, mouse, microscopio, etc.

## Cuida de los demás...

Evita la interacción física con los demás mientras realizas tus tareas para evitar la transferencia de partículas contaminantes.



Elaborado por: Makeylin Rodríguez.

## Equipo de protección personal

Recuerda siempre utilizar y almacenar correctamente el equipo de protección personal.



---

---

# **5. Formación y capacitación**

---

---

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Plan de capacitación</b>	Código: PT-08
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## **A. Introducción**

La capacitación a los trabajadores es sumamente importante para dar a conocer todas las medidas de prevención que forman parte del programa de exposición ocupacional a plomo y estaño. La capacitación es necesaria para asegurarse de que los trabajadores conocen los riesgos a los que se exponen y de qué forma pueden disminuir el riesgo de que la exposición tenga repercusiones negativas.

## **B. Propósito**

Informar y entrenar a los trabajadores en temas relacionados a la exposición ocupacional a plomo y estaño con el fin de realizar de manera efectiva los procedimientos y disminuir la exposición ocupacional a plomo y estaño.

## **C. Alcance**

El presente procedimiento aplica a todos los trabajadores de la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne que se exponen a plomo y estaño.

## **D. Documentación relacionada**

D-08-01 Lista de verificación de evaluación de la capacitación.

D-08-02 Hoja de asistencia a capacitaciones.

## **E. Responsables y responsabilidades**

### **E.1 Coordinadora de EHS**

- Gestionar las fechas y horas con los diferentes supervisores para impartir las capacitaciones.
- Gestionar presupuesto para capacitaciones.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Plan de capacitación</b>	Código: PT-08
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

- Coordinar con diferentes especialistas para que brinden capacitaciones sobre los temas que se requieren.
- Seleccionar los grupos de trabajadores que participarán en cada capacitación.
- Evaluar el nivel de conocimiento de los empleados posterior a que reciben la capacitación.
- Diseñar mejoras en las capacitaciones si a partir a de las evaluaciones se determina que no fueron eficientes.

### **E.2 Supervisor o líder de área**

- Cooperar con las fechas y horas para realizar las capacitaciones.
- Cooperar con la coordinadora de EHS para la selección de los grupos de forma que el 100% de los trabajadores puedan capacitarse sin afectar la producción.
- Promover la participación de los trabajadores en las capacitaciones.

### **E.3 Recursos humanos**

- Incorporar las capacitaciones a la matriz de capacitaciones general de la empresa.
- Mantener un registro de los trabajadores que ya han sido capacitados.

### **E.4 Trabajadores**

- Asistir y participar activamente de las capacitaciones.
- Evacuar todas las dudas que tenga hasta asegurarse de que entiende bien la información.
- Participar la capacitación hasta que la misma finalice por completo.
- Participar de la evaluación de la capacitación.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Plan de capacitación</b>	Código: PT-08
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## F. Procedimiento

### F.1 Temas de las capacitaciones

Se deben de impartir al menos las siguientes capacitaciones:

- ✓ CPT08-01: Riesgos asociados a la exposición ocupacional a plomo y estaño.
- ✓ CPT08-02: Buenas prácticas de trabajo.
- ✓ CPT08-03: Uso, almacenamiento y mantenimiento del EPP.
- ✓ CPT08-04: Vigilancia a la salud.

### F.2 Planificación de las capacitaciones

Las planeaciones de las capacitaciones se muestran en las siguientes matrices.

#### CPT08-01 Riesgos asociados a la exposición ocupacional a plomo y estaño

Cuadro 5-1. Matriz de planeación capacitación CPT08-01

CPT07-01					
Objetivo	Contenidos temáticos	Participantes	Metodología	Recursos	Duración
Proporcionar a los trabajadores conocimientos sobre la exposición ocupacional a plomo y estaño	-Riesgos de trabajar con plomo. -Riesgos de trabajar con estaño -Toxicología de las sustancias -Efectos a la salud -Vías de ingreso	Esta capacitación debe de recibirla todos los trabajadores que se exponen de alguna manera al plomo y estaño, tanto operarios como ingenieros a cargo y supervisores	Teórica magistral	-Sala de reuniones - Presentación audiovisual - Computadora -Parlantes -Material impreso, brochures	1 hora

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Plan de capacitación</b>	Código: PT-08
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

### CTP08-02 Buenas prácticas de trabajo

Cuadro 5-2. Matriz de planeación capacitación CPT08-02

CPT07-02					
Objetivo	Contenidos temáticos	Participantes	Metodología	Recursos	Duración
Brindar a los trabajadores lineamientos sobre buenas prácticas de trabajo que pueden contribuir a disminuir la exposición ocupacional a Pb y Sn	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Uso de extractores</li> <li>-Uso de EPP</li> <li>-Reporte de anomalías</li> <li>-Buenas prácticas en distintas tareas</li> <li>-Limpieza de estaciones de trabajo</li> <li>-Lavado de manos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Trabajadores de re trabajo</li> <li>-Trabajadores de mantenimiento</li> <li>-Trabajadores de ensamble</li> <li>-Trabajadores de SMT</li> <li>-Ingenieros o supervisores que ocasionalmente realizan tareas de micro soldadura</li> </ul>	Teórica magistral	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sala de reuniones</li> <li>-Presentación audiovisual</li> <li>-Computadora</li> <li>-Parlantes</li> <li>-Material impreso, brochures</li> </ul>	1 hora

### CPT07-03: Uso, almacenamiento y mantenimiento del EPP.

Cuadro 5-3. Matriz de planeación capacitación CPT08-03

CPT07-03					
Objetivo	Contenidos temáticos	Participantes	Metodología	Recursos	Duración
Brindar a los trabajadores lineamientos correctos sobre el uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Selección del EPP a utilizar de acuerdo a la tarea realizar</li> <li>-Forma correcta de colocarse EPP</li> <li>-Pruebas de ajuste</li> <li>-Forma de almacenar EPP</li> <li>-Lineamientos para el mantenimiento del EPP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Trabajadores de re trabajo</li> <li>-Trabajadores de mantenimiento</li> <li>-Trabajadores de ensamble</li> <li>-Trabajadores de SMT</li> <li>-Ingenieros o supervisores que ocasionalmente realizan tareas de micro soldadura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teórica magistral</li> <li>Práctica (colocación EPP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sala de reuniones</li> <li>-Presentación audiovisual</li> <li>- Computadora</li> <li>-Parlantes</li> <li>-Material impreso, brochures</li> <li>-EPP para la práctica de cómo ponérselo</li> </ul>	1.5 horas

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Plan de capacitación</b>	Código: PT-08
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## CPT07-04 Vigilancia a la salud

Cuadro 5-4. Matriz de planeación capacitación CPT08-04

CPT07-04					
Objetivos	Contenidos temáticos	Participantes	Metodología	Recursos	Duración
Explicar a los trabajadores la vigilancia a la salud que se realizará para la prevención de enfermedades a causa de la exposición	-Responsables y responsabilidades de los involucrados en el procedimiento de vigilancia a la salud. -Importancia de la vigilancia a la salud -Exámenes médicos a realizar -Frecuencia en que se realizarán los exámenes	Esta capacitación debe de recibirla todos los trabajadores que se exponen de alguna manera al plomo y estaño, tanto operarios como ingenieros a cargo y supervisores	Teórica magistral	-Sala de reuniones - Presentación audiovisual - Computadora -Parlantes -Material impreso, brochures.	45 min

## F.3 Organización de las capacitaciones

### F.3.1 Generalidades

- ❖ Las capacitaciones de llevarán a cabo en una sala de reuniones de la empresa.
- ❖ Se deben de realizar dentro de los horarios de trabajo de los trabajadores.
- ❖ En las matrices anteriores se indica una duración aproximada, sin embargo, esta puede cambiar de acuerdo al desarrollo de la capacitación y las dudas que puedan tener los participantes.
- ❖ La persona que imparte la capacitación debe de ser una persona especializada en los temas, por tanto, si la coordinadora de EHS considera que requiere soporte debe de contratar a una persona externa.
- ❖ Es recomendable que las capacitaciones referentes a EPP las imparta personal de ESOSA que es el proveedor de la mayoría de EPP en la empresa.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Plan de capacitación</b>	Código: PT-08
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

- ❖ La capacitación de vigilancia a la salud debe de ser impartida en conjunto con el médico de empresa.

### **F.3.2 Inicio**

- ❖ Actividad rompe hielos.
- ❖ Presentación del capacitador
- ❖ Presentación de participantes

### **F.3.2 Desarrollo**

- ❖ Los temas se desarrollarán a partir de presentaciones teóricas magistrales utilizando apoyos audiovisuales.
- ❖ Se realizarán prácticas de los temas que lo requieren para un mayor entendimiento.
- ❖ Se deben de realizar dinámicas que capten mejor la atención de los trabajadores.
- ❖ Aprovechar herramientas tecnológicas para que las capacitaciones sean más entretenidas.

### **F.3.3 Cierre**

- ❖ Se deberá realizar una sección de aclaración de dudas y discusión.
- ❖ Se deberán aplicar herramientas para la evaluación de la capacitación.
- ❖ Todos los participantes deberán de firmar la hoja de asistencia.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Junio, 2020	<b>Plan de capacitación</b>	Código: PT-08
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

#### F.4 Evaluación del conocimiento adquirido por los trabajadores a partir de las capacitaciones

- ❖ El capacitador debe de aplicar una herramienta para evaluar el conocimiento de los trabajadores, ya sea mediante pruebas escritas, dinámicas, herramientas digitales, entre otros.
- ❖ Por las características de la población se recomienda utilizar herramientas virtuales para la evaluación como *Kahoot*.
- ❖ La coordinadora de EHS debe de evaluar la capacitación mediante el documento D-08-02.

#### F.5 Cronograma de capacitaciones

A continuación, se muestra una propuesta de cronograma para la capacitación de los trabajadores en las diferentes áreas. El cronograma se plantea para un tiempo de ocho semanas de forma que sea flexible y la coordinadora de EHS en conjunto con el supervisor o jefe de área decidan de qué forma se van a distribuir los trabajadores de para que no se afecte la producción y el 100% de los trabajadores sean capacitados.

Figura 5-1. Cronograma de capacitaciones

Tarea	Semana							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Impartir capacitación CPT08-01								
Impartir capacitación CPT08-02								
Impartir capacitación CPT08-03								
Impartir capacitación CPT08-04								

## G. Apéndices

### D-08-01 Lista de verificación para evaluación de capacitaciones

	Zollner Electronics Costa Rica Ltda	Código capacitación:		
	Evaluación de capacitación	Fecha:		
Tema de la capacitación:				
Persona que imparte capacitación:				
Persona que aplica evaluación de la capacitación:				
<b>Ítem</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>	
<b>Metodología</b>				
Se utilizan herramientas aptas para el desarrollo de los contenidos				
Las técnicas implementadas captan la atención de los participantes				
Se fomenta la participación de los trabajadores				
Se realizan prácticas de los contenidos que lo requieren				
Se utilizan dinámicas que ayuden a hacer más entretenida la capacitación				
La metodología es apta para las características de los trabajadores (edad, escolaridad)				
<b>Organización</b>				
Se planifica el tiempo de la capacitación de forma que no afecte la producción				
Se dividen los grupos e trabajadores de forma que todos los que la requieren la reciban				
Se respetan los aspectos de inicio, desarrollo y cierre de la capacitación				
Se aplican herramientas al final de la capacitación para evaluar que los trabajadores hayan comprendido los contenidos				
Se brindan espacios para la evacuación de dudas				
<b>Instructor</b>				
Inicia la capacitación con puntualidad				
Demuestra dominio de los temas				
Propicia la participación de los trabajadores				
Crea un clima de confianza y respeto				
<b>Recursos</b>				
Los recursos facilitan la comprensión de los temas				
Los recursos utilizados son aptos para las características de los trabajadores				
Los materiales impresos son claros y de buena calidad				
Oportunidades de mejora:				

D-08-02 Lista de asistencia

Número	Participante	Departamento	Número de personal	Firma
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

Lista de control de asistencia



Tema: \_\_\_\_\_  
 Departamento: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Detalle/Contenido:

Nombre del instructor: \_\_\_\_\_  
 Firma: \_\_\_\_\_

---

---

## **6. Seguimiento, evaluación y actualización del programa**

---

---

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b>	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## A. Introducción

Al poner en práctica un programa, es sumamente importante que a este se le dé un adecuado seguimiento y evaluación para determinar si los objetivos y metas del mismo están siendo cumplidos y si se está obteniendo los resultados esperados. La evaluación del programa incluye el seguimiento mediante el establecimiento de indicadores, la evaluación de la implementación y puesta en práctica del programa y la determinación de oportunidades de mejora que se deben de llevar a cabo a partir de la actualización.

La presente guía se relaciona con el capítulo 4 (identificación de peligros y evaluación de riesgos) pues a partir de esto se pueden determinar aspectos importantes relacionados con el seguimiento y evaluación del programa. También se relaciona con el capítulo 7 procedimiento de control de cambios pues a partir de la actualización puede ser necesarios realizar cambios al mismo.

## B. Propósito

Brindar una propuesta de lineamientos para el seguimiento, evaluación y actualización del Programa para el Control de la Exposición Ocupacional a Plomo y Estaño.

## C. Alcance

Esta guía es aplicable únicamente al Programa para el Control de la Exposición Ocupacional a Plomo y Estaño.

## D. Documentación relacionada

PT-01 Identificación de peligros y evaluación de riesgos.

PT-09 Procedimiento de control de cambios.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b>	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## E. Responsables y responsabilidades

### E.1 Coordinadora de EHS

- ❖ Es la encargada de realizar el seguimiento y evaluación del programa.
- ❖ Debe de documentar todos los procesos asociados al seguimiento y evaluación del programa.
- ❖ Debe de mantener un historial de los indicadores de seguimiento.
- ❖ Debe de realizar un informe con los resultados de las evaluaciones del programa.
- ❖ Debe de implementar opciones de mejora para los aspectos que se determinen negativos a partir del programa como parte de la actualización.

### E.2 Supervisor o líder de área

- ❖ Mantenerse al tanto del estatus de los indicadores de seguimiento para aportar al cumplimiento de los mismos.
- ❖ Participar en conjunto con la coordinadora de EHS en la evaluación del programa.
- ❖ Brindar toda la información necesaria para el seguimiento y evaluación del programa.

### E.3 Gerente de calidad

- ❖ Solicitar y revisar el informe de los resultados de la evaluación del programa.

### E.4 Trabajadores

- ❖ Participar activamente en la evaluación del programa.
- ❖ Brindar toda la información que se les solicite para la evaluación del programa.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b>	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## F. Procedimiento

### F.1 Seguimiento del programa

- ❖ El seguimiento del programa se realizará mediante el establecimiento de indicadores asociados a las metas del programa.
- ❖ Los valores de los indicadores de seguimiento del programa deben de revisarse y actualizarse cada tres meses. Cada vez que se actualicen se deben de dar a conocer a través de Zollner Infomail a todos los involucrados.
- ❖ Todos los involucrados del programa tienen la responsabilidad de contribuir con el cumplimiento de los indicadores.
- ❖ A continuación, se muestra la matriz de indicadores.

Cuadro 6-1. Indicadores de seguimiento del programa

Aspecto	Indicador	Cálculo	Meta
Controles ingenieriles	% controles ingenieriles implementados	$(CI \text{ implementados}/CI \text{ requeridos}) * 100$	%CII > 90%
Controles administrativos	% controles administrativos implementados	$(CA \text{ implementados}/CA \text{ requeridos}) * 100$	%CAI > 90%
Evaluaciones de exposición	% evaluaciones realizadas	$(N^{\circ} \text{ evaluaciones realizadas}/N^{\circ} \text{ evaluaciones planificadas})$	%EVE = 100%
	% disminución de las concentraciones	1. $Diferencia = MLE \text{ anterior} - MLE \text{ actual}$ 2. $(Diferencia \text{ MLE}/MLE \text{ anterior}) * 100$	%DC > 10%
EPP	% equipo de protección personal adquirido	(Cantidad de EPP adquirido)	%EPP > 80%
Capacitaciones	% Capacitaciones realizadas	$(N^{\circ} \text{ capacitaciones realizadas}/N^{\circ} \text{ capacitaciones planificadas}) * 100$	%CAI > 90%
	% Trabajadores capacitados	$(Cantidad \text{ de trabajadores capacitados}/Cantidad \text{ de trabajadores que requieren capacitación}) * 100$	%TCAP = 100%
CII: Controles ingenieriles implementados CAI: Controles administrativos implementados CAPR: Capacitaciones realizadas		TCAP: Trabajadores capacitados EVE= Evaluaciones de exposición DC: Disminución de concentraciones	

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica
Fecha: Mayo, 2020	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b> Versión: 00

## F.2 Evaluación del programa

- ❖ La evaluación del programa debe de realizarse cada seis meses, dos veces al año durante el primer año después de implementado el programa.
- ❖ Después del primer año de implementado el programa se realizará de forma anual siempre y cuando no se realicen cambios en la línea de producción que puedan impactar el programa.
- ❖ Es importante que en la evaluación del programa participen todos los involucrados en el mismo.
- ❖ Al finalizar la evaluación se debe de realizar un informe que resuma los principales hallazgos determinados ya sean positivos o negativos y guardarlos como parte de la evidencia de la evaluación.

Se evaluarán ocho aspectos de programa, la evaluación de cada aspecto se realizará a partir de listas de verificación con los diferentes aspectos, cada respuesta afirmativa debe de ser sustentada con su respectiva evidencia, se calcularán porcentajes de cumplimiento.

$$Puntuación = \frac{Número\ de\ respuestas\ afirmativas}{Cantidad\ total\ de\ aspectos\ evaluados} \times 100$$

Para cada aspecto se determinará una escala de puntuación con la finalidad de determinar en qué zona se encuentra, esta se muestra en el cuadro 6-2. Si el elemento del programa evaluado se encuentra en zona roja o amarilla es necesario indagar en las causas del porqué no se están realizando adecuadamente las actividades y realizar una reestructuración de la forma en que se han trabajado para lograr mejorar la puntuación del aspecto y por ende la eficacia del programa.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b>	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

Cuadro 6-2. Escala de calificación de los aspectos según puntuación obtenida

Puntuación	Estado	Significado
Mayor a 95%	Excelente	Las actividades se están realizando de forma excelente y no se requieren mejoras importantes
Entre 80% y 94%	Muy bueno	Las actividades se están realizando bien pero se requieren algunas mejoras
Entre 70% y 79%	Bueno	Las actividades se están realizando bien pero se requieren varias mejoras
Entre 60% y 69%	Deficiente	No se están realizando a una gran cantidad de actividades y se requieren muchas mejoras
Menor a 60%	Muy deficiente	No se están realizando a una gran cantidad de actividades y se requiere una reestructuración total del elemento

### F.2.1 Compromiso empresarial

Cuadro 6-3. Herramienta para la evaluación del compromiso empresarial

Herramienta para la evaluación del compromiso empresarial		
Aspectos a evaluar	Cumplimiento	
	Sí	No
Se han comunicado las metas del programa a todos los involucrados		
Se han comunicado los objetivos del programa a todos los involucrados		
Se ha evidenciado el compromiso con la seguridad y salud de los trabajadores de la línea de ensamble Teradyne		
Se evidencia el compromiso con la disminución de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la política de la empresa.		
Se cumple con todos los requisitos legales establecidos en el apartado de cumplimiento legal		
Se promueve la participación de todos los trabajadores en el programa mediante la comunicación y creación de canales para que los trabajadores puedan participar en la mejora continua del programa		
Se han asignado los recursos humanos necesarios para la implementación y desarrollo del programa		
Se han asignado los recursos económicos necesarios para la implementación y desarrollo del programa		
Se han asignado las tareas del programa a cada involucrado		
Cada involucrado conoce su rol dentro del programa		
Puntuación obtenida: _____	<b>Estado de la evaluación</b>	

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b>	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## F.2.2 Identificación de peligros y evaluación de riesgos

La siguiente herramienta para la evaluación de la identificación de peligros y evaluación de riesgos se basa en el procedimiento PT-01 Identificación de peligros y evaluación de riesgos.

Cuadro 6-4. Herramienta para la evaluación de la identificación de peligros y evaluación de riesgos

<b>Herramienta para la evaluación del compromiso empresarial</b>		
<b>Aspectos a evaluar</b>	<b>Cumplimiento</b>	
	<b>Sí</b>	<b>No</b>
Se realizó la identificación de peligros en el tiempo establecido según el procedimiento PT-01: Identificación de peligros y evaluación de riesgos		
Como parte de la identificación de los riesgos se analizó detalladamente cada una de las tareas del proceso		
Se identifican los riesgos de exposición ocupacional a plomo y estaño específicos para cada una de las tareas de la línea de producción		
Se observa detenidamente la forma en que los trabajadores realizan las tareas para determinar posibles causas de exposición asociadas a esto		
Se promueve la participación de los trabajadores pues ellos pueden brindar aportes valiosos para la identificación de peligros y evaluación de riesgos		
Se asegura una buena comunicación entre los trabajadores, supervisores o líderes de área y la coordinadora de EHS para en cuanto a la identificación de peligros y evaluación de riesgo		
Se realiza una identificación de peligros ante la generación de un cambio en la línea de producción.		
Una vez identificados los peligros se procede a realizar la evaluación de riesgos haciendo uso de herramientas de evaluación como lo es el método AMFE.		
La evaluación de peligros se realiza en conjunto con otros involucrados en el programa		
Se establecen medidas de control para aquellos riesgos determinados con un nivel de prioridad alto según método AMFE o en zona de riesgo alto si se utilizan otras herramientas de evaluación.		
Se comunica formalmente a los involucrados los resultados de la identificación de peligros y evaluación del riesgo así como las medidas de control propuestas para disminuir el mismo		
<b>Puntuación obtenida:</b> _____	<b>Estado de la evaluación</b>	
		
		

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b>	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

### F.2.3 Controles ingenieriles

Cuadro 6-5. Herramienta para la evaluación de los controles ingenieriles

Herramienta para la evaluación de los controles ingenieriles				
Aspectos a evaluar	Cumplimiento			
	Sí	No		
Los controles ingenieriles responden a las necesidades del proceso productivo.				
Los controles ingenieriles son aptos de acuerdo a las características de los trabajadores.				
Los controles ingenieriles permiten la captura de los contaminantes de forma eficiente.				
Se han instalado los controles ingenieriles en todos los puntos que se requieren.				
Los controles ingenieriles no generan riesgos adicionales.				
Se ha capacitado a los trabajadores sobre el uso correcto de los controles ingenieriles.				
Se han incorporado los controles ingenieriles en el plan de mantenimiento preventivo de la empresa.				
Se asegura que se les dé mantenimiento preventivo a los controles ingenieriles.				
Los controles ingenieriles han sido validados en seguridad, salud y ambiente según el proceso establecido en la empresa.				
Se verifica que los trabajadores utilicen adecuadamente los controles ingenieriles.				
Puntuación obtenida: _____	Estado de la evaluación			

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b>	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## F.2.4 Controles administrativos

A continuación se presentan las herramientas para la evaluación de los controles administrativos.

### F.2.4.1 Evaluación de exposición ocupacional a plomo y estaño

La siguiente herramienta se basa en el procedimiento PT-02: Evaluación de la exposición ocupacional a plomo y estaño.

Cuadro 6-6. Herramienta para la evaluación de las evaluaciones ambientales

Herramienta para la evaluación de las evaluaciones de exposición ocupacional a Pb y Sn		
Aspectos a evaluar	Cumplimiento	
	Sí	No
Se realiza la evaluación de la exposición ocupacional a plomo y estaño en el tiempo y ante las condiciones que establece el procedimiento PT-02: Evaluación de la exposición ocupacional a plomo y estaño.		
Se verifica que el muestreo se realice de forma correcta según el método de muestreo OSHA ID-206		
El laboratorio que realiza el muestreo y análisis de los contaminantes está debidamente certificado e incluido como proveedor autorizado de la empresa		
Se selección con criterio y analizando los diferentes puestos y tareas los grupos de exposición a muestrear		
Se calcula adecuadamente el número de muestras para poder realizar análisis estadístico.		
Se hace uso de la bitácora y acta de muestreo para contar con suficiente información que pueda ser útil en el análisis de los resultados.		
Una vez obtenido el resultado de los análisis de las muestras se procede a realizar el análisis estadístico de las mismas		
Se elaboran conclusiones a partir de los resultados obtenidos y en caso de que sea necesario se establecen nuevos controles o la reestructuración de los existentes		
Se comunica formalmente a todos los trabajadores que participaron el muestreo los resultados del mismo atendiendo las dudas o inquietudes que puedan surgir		
Se mantiene el registro de las evaluaciones para establecer un control de las mismas y contar con un historial útil para la toma de decisiones.		
<b>Puntuación obtenida:</b> _____	<b>Estado de la evaluación</b>	

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b>	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

### F.2.3.2 Buenas prácticas de trabajo

La siguiente herramienta para la evaluación de buenas prácticas de trabajo se basa en el procedimiento PT-01 Identificación de peligros y evaluación de riesgos.

Cuadro 6-7. Herramienta para la evaluación de buenas prácticas de trabajo

Herramienta para la evaluación de					
Aspectos a evaluar	Cumplimiento				
	Sí	No			
Se han promovido las buenas prácticas de trabajo en los trabajadores de la línea de producción Teradyne como parte de las estrategias para disminuir la exposición ocupacional a plomo y estaño					
Todos los trabajadores operarios como los líderes y jefes de área han demostrado compromiso con la puesta en práctica de buenas prácticas de trabajo					
Se cumplen las buenas prácticas en cuanto al uso adecuado del uniforme de trabajo y el lavado de los mismos.					
Se cumplen las buenas prácticas en cuanto al lavado de manos.					
Se cumple con la prohibición del consumo de alimentos en el área de trabajo.					
Se cumple con la orden de colocar las gabachas en el lugar solicitado separado de las demás gabachas de la empresa.					
Se promueve el adecuado lavado de manos en los trabajadores para evitar la ingesta accidental de plomo y estaño.					
Se asegura que los trabajadores conozcan correctamente la forma de lavarse las manos para evitar la ingesta accidental de plomo y estaño.					
Se promueve que los trabajadores hagan una adecuada limpieza de las estaciones de trabajo para eliminar las partículas contaminantes.					
Se asegura que la limpieza de estaciones de trabajo se realice al menos tres veces al día.					
Se asegura que se limpien todas las superficies incluyendo herramientas, mouse, teclado, etc.					
Se asegura que los trabajadores ubiquen adecuadamente los extractores antes de iniciar las tareas.					
Puntuación obtenida: _____	Estado de la evaluación				

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b>	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

### F.2.3.3 Vigilancia a la salud

La siguiente herramienta para la evaluación de la vigilancia de la salud se basa en el procedimiento PT-06: Vigilancia de la salud.

Cuadro 6-8. Herramienta para la evaluación de la vigilancia a la salud

Herramienta para la evaluación de la vigilancia a la salud					
Aspectos a evaluar	Cumplimiento				
	Sí	No			
El médico de empresa a cargo de la vigilancia de la salud está debidamente certificado para realizar las funciones.					
Se aplica a los trabajadores de la línea la encuesta de antecedentes					
Se realizan a todos los trabajadores los exámenes requeridos para la exposición ocupacional a plomo y estaño.					
Se establece un control adecuado de todos los trabajadores a los que se les realizan los exámenes.					
Se mantiene un historial completo de cada uno de los trabajadores de la línea de producción.					
Los exámenes se realizan según la frecuencia o lineamientos establecidos.					
Se promueve la comunicación y participación de los trabajadores en el proceso de vigilancia a la salud.					
Se le da un adecuado seguimiento a los resultados de los exámenes					
El seguimiento de los resultados es específico para cada uno de los trabajadores					
Se siguen todas las acciones a tomar en caso de que los resultados de exámenes indiquen que es necesario cambiar al trabajador de puesto.					
Puntuación obtenida: _____	Estado de la evaluación				

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b>	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## F.2.4 Equipo de protección personal

La siguiente herramienta para la evaluación del equipo de protección personal se basa en el apartado B del capítulo 4 y los procedimientos PT-03: Selección del equipo de protección personal y PT-05: Uso, almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal.

Cuadro 6-9. Herramienta para la evaluación del equipo de protección personal

Herramienta para la evaluación del equipo de protección personal					
Aspectos a evaluar	Cumplimiento				
	Sí	No			
Para seleccionar el equipo de protección personal se realiza un análisis de los peligros asociados a las tareas que realizan los trabajadores.					
A la hora de elegir equipo de protección personal se toman en cuenta las evaluaciones de exposición ocupacional a plomo y estaño.					
Para la selección del equipo de protección respiratoria se calcula el factor de protección requerido.					
Se toman en cuenta las características físicas de los trabajadores a la hora de elegir el equipo de protección personal.					
Está correctamente establecido e implementado el procedimiento para el uso adecuado del equipo de protección personal.					
Se han establecido métodos para asegurar que todos los trabajadores utilicen el equipo de protección personal cuando así se requiere.					
Está correctamente establecido e implementado el procedimiento para el almacenamiento y mantenimiento del equipo de protección personal.					
Se realizan inspecciones para determinar si existen daños en los equipos como desgastes o defectos físicos para cambiarlos de inmediato.					
Se realizan inspecciones para verificar que se le da un adecuado uso, almacenamiento y mantenimiento al equipo de protección personal.					
Los trabajadores se encuentran debidamente entrenados en cuanto al debido uso, mantenimiento y almacenamiento del equipo de protección personal.					
Puntuación obtenida: _____	<b>Estado de la evaluación</b>				

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica
Fecha: Mayo, 2020	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b> Versión: 00

## F.2.5 Formación y capacitación

Cuadro 6-10. Herramienta para la evaluación de la formación y capacitación

Herramienta para la evaluación de				
Aspectos a evaluar	Cumplimiento			
	Sí	No		
Se han realizada todas las capacitaciones que establece el programa.				
El 100% de los trabajadores han sido capacitados en los temas que requieren.				
Se asegura que los trabajadores hayan comprendido los temas tratados en las capacitaciones mediante la aplicación de herramientas de evaluación.				
Se cuenta con un buen control de las capacitaciones impartidas, temas abarcados y los trabajadores que han recibido cada capacitación.				
Las capacitaciones son impartidas por personas debidamente calificadas.				
Se utilizan recursos audiovisuales, electrónicos y didácticos para impartir las capacitaciones de acuerdo a las características de los trabajadores.				
Las capacitaciones se realizan de una forma dinámica que capte la atención de los participantes.				
Se le brindan capacitaciones adicionales u otro tipo de apoyo extra los trabajadores que presentan dificultad en la comprensión de algunos contenidos.				
Se incentiva la participación de los trabajadores en el desarrollo de las capacitaciones.				
Puntuación obtenida: _____	Estado de la evaluación			

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Seguimiento, evaluación y actualización del programa</b>	Código: PT-09
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

### F.3 Determinación de mejoras a partir de los hallazgos

- ❖ Se deben de determinar opciones de mejora para los aspectos negativos que se identifiquen a partir de la evaluación.
- ❖ Se puede utilizar como guía una matriz de resumen de hallazgos y oportunidades de mejora como la que se presenta a continuación.

Cuadro 6-11. Matriz resumen de hallazgos y oportunidades de mejora

Matriz de hallazgos y oportunidades de mejora				
Hallazgo	Parte del programa donde se determinó	Causas	Consecuencias	Oportunidades de mejora propuestas

### F.4 Actualización del programa

Una vez que se ha concluido el seguimiento y evaluación del programa se procede a la actualización del mismo. La actualización del programa debe de realizarse con base en las oportunidades de mejora determinados en el apartado F.3. Todas las oportunidades de mejora deben de ser incluidas, es muy importante que todos los cambios deben de realizarse siguiendo los pasos que establece el procedimiento PT-10: Control de cambios.

---

---

# **7. Control de cambios**

---

---

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Control de cambios</b>	Código: PT-10
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

## A. Introducción

Es probable que a partir de actividades del programa se requiera la implementación de cambios para procurar la mejora continua del mismo. Es importante que estos cambios se lleven a cabo de forma planificada, organizada y bajo control para no afectar la efectividad del programa. A continuación, se describe el proceso para el control de cambios.

## B. Propósito

Establecer lineamientos para el control de los cambios efectuados en el Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.

## C. Alcance

Este procedimiento aplica a cualquier cambio que se deba de realizar en el programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de ensamble de tarjetas de circuito impreso Teradyne.

## D. Documentación relacionada

D-10-01 Boleta de control de cambios

D-10-02 Matriz de valoración de factibilidad del cambio

## E. Responsables y responsabilidades

### E.1 Coordinadora de EHS

- Es la encargada de llevar a cabo el procedimiento para el control de los cambios en el programa.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Control de cambios</b>	Código: PT-10
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

- Debe de comunicar los cambios efectuados al Gerente de Calidad y a las personas involucradas en el cambio.
- Debe de documentar todos los cambios de forma adecuada.
- Debe de aprobar el cambio.
- En caso de que el cambio requiera capacitación es la encargada de gestionar las capacitaciones.

## E.2 Gerente de calidad

- Es el encargado de dar la aprobación final para la implementación del cambio.

## E.3 Supervisor o líder de área

- Debe de comunicar a la coordinadora de EHS la necesidad de realizar un cambio para que siga todo el procedimiento.

## F. Procedimiento

### F.1 Fase previa a la implementación del cambio

Antes de implementar el cambio se deben de seguir los siguientes pasos:

- ❖ Solicitar el cambio: la persona que detecta una oportunidad de mejora en el programa debe de solicitar la realización del cambio a la coordinadora de EHS, se deberá llenar el apartado de solicitud en la boleta de control de cambios D-10-01
- ❖ Analizar la solicitud: la coordinadora de EHS debe de identificar si la solicitud es viable en términos de tiempo, alcance y beneficios hacia el programa.
- ❖ Valorar el cambio: se debe de valorar que tan factible es realizar el cambio que se solicita realizando un análisis de los aspectos positivos y negativos de

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Control de cambios</b>	Código: PT-10
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

implementarlo, para esto se puede utilizar como guía la matriz de valoración de cambios D-10-02.

- ❖ Analizar modificación: se debe de realizar un análisis de los componentes del programa que afectará el cambio y que por ende requerirán de modificaciones.
- ❖ Aprobar cambio: si se determina que el cambio es factible y contribuye con la mejora continua del programa este se aprueba, en caso contrario se rechaza y se le debe de dar una devolución formal a la persona que lo solicitó con las razones de porque el cambio fue rechazado. El cambio debe de ser aprobado tanto por la coordinadora de EHS como por el Gerente de Calidad, en caso de que la coordinadora de EHS sea quien solicita el cambio de igual forma debe de completar la solicitud y realizar el análisis para sustentar el cambio, en este caso solamente aprueba el Gerente de Calidad.

## F.2 Fase de implementación del cambio

- ❖ Planear el cambio: se debe de planear bien el tiempo y los recursos que implican la implementación del cambio.
- ❖ Realizar el cambio: se realiza el cambio y todas las modificaciones asociadas al mismo que requiera el programa.
- ❖ Documentar el cambio: el cambio debe de quedar formalmente documentado guardando todas las evidencias que respaldan el proceso.

## F.3 Fase posterior a la implementación del cambio

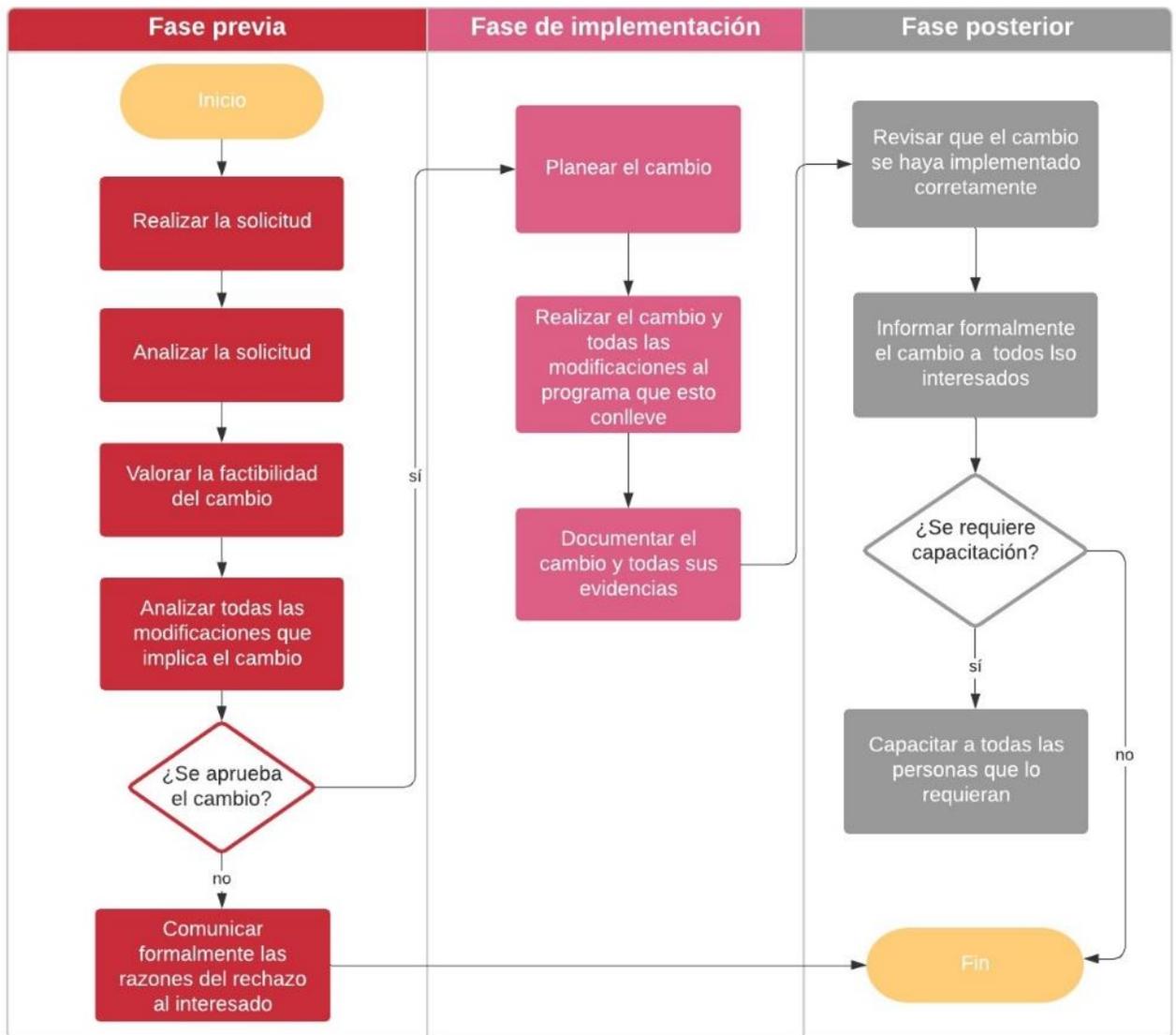
- ❖ Revisar el cambio: cuando haya finalizado la implementación del cambio se debe de revisar si este está cumpliendo con el propósito esperado.
- ❖ Informar el cambio: se debe de informar a los interesados que ya el cambio fue realizado.

	Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, línea Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica	
Fecha: Mayo, 2020	<b>Control de cambios</b>	Código: PT-10
Elaborado por: Makeylin Rodríguez Núñez		Versión: 00

- ❖ Determinar necesidades de capacitación: si el cambio requiere la capacitación de los trabajadores e involucrados estas deben de realizarse con la mayor prontitud posible.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que representa el procedimiento de control de cambios:

Figura 0-1. Diagrama de flujo para el control de cambios



## G. Apéndices

### D-10-01 Boleta de control de cambios

Boleta de control de cambios-Programa para el control de la exposición ocupacional a plomo y estaño línea de ensamble Teradyne			
1. Fase previa a la implementación del cambio			
1.1 Solicitud del cambio			
Fecha			
Hora			
Nombre del solicitante			
Puesto del solicitante			
Área del programa en la que se requiere el cambio (marque con una X)	Documentación del programa	Controles administrativos y/o ingenieriles	Evaluación y seguimiento del programa
	Otro (especifique)		
Describa el cambio que se solicita			
Firma del solicitante			
1.2 Análisis de la factibilidad del cambio			
Aspectos del análisis		Sí	No
Se analizó la factibilidad del cambio usando la matriz D-10-02			
Se analizaron las modificaciones que implica el cambio			
El cambio se determina factible y contribuye con la mejora continua del programa			
Se aprueba el cambio			
En caso negativo indique las razones del rechazo			
2. Fase de implementación del cambio			
Rango de fechas en las que se implementará el cambio			
Recursos utilizados para implementar cambio			
Modificaciones realizadas al programa			
3. Fase posterior a la implementación del cambio			
Fecha en que se revisa la efectividad del cambio implementado			
Fecha en que se informa al cambio a involucrados			
Nuevas necesidades de capacitación			
Fecha en que se realizan las capacitaciones necesarias			
Firma coordinadora de EHS: _____ Firma Gerente de Calidad: _____			

### D-10-02 Matriz de valoración de factibilidad del cambio

Aspectos positivos de implementar el cambio	Aspectos negativos de implementar el cambio	¿Qué modificaciones al programa implica el cambio?	¿Se cuenta con los recursos para implementar el cambio?

---

---

# **8. Cronograma y presupuesto**

---

---

## A. Cronograma

A continuación, se presenta el cronograma del programa el cual se plantea para un tiempo de 10 meses.

Figura 8-1. Cronograma del programa

Tarea	Mes									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Revisar y aprobar el programa	■									
Divulgar el programa a todos los involucrados		■								
Llevar a cabo el procedimiento de identificación de peligros y evaluación de riesgos			■							
Gestionar la compra de los controles ingenieriles			■							
Instalar los controles ingenieriles				■						
Capacitar a los trabajadores de re trabajo y mantenimiento sobre el uso correcto de los controles ingenieriles					■					
Gestionar la compra del EPP					■					
Brindar el EPP a cada trabajador						■				
Implementar procedimiento sobre uso, almacenamiento y mantenimiento del EPP						■				
Capacitar a los trabajadores sobre el uso correcto del equipo de protección personal						■				
Implementar el procedimiento de vigilancia a salud							■			
Implementar procedimiento de evaluación de la exposición							■			
Implementar procedimiento de buenas prácticas de trabajo								■		
Capacitar a los trabajadores sobre buenas prácticas de trabajo								■		
Implementar y capacitar a los trabajadores sobre el procedimiento de comunicación								■		
Realizar la evaluación y actualización del programa									■	■

## B. Presupuesto

A continuación, se presenta el presupuesto del proyecto. Se presenta para los controles ingenieriles, equipo de protección personal y controles administrativos que se presentaron en el apartado 4 prevención y control del riesgo.

Cuadro 8-1. Presupuesto de los controles ingenieriles

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Fuente
<b>Extractor portátil para estaciones de re trabajo</b>	Extractor portátil Weller MG 130 100-240V	4	\$1180	\$3540	Weller
<b>Brazo de extracción para estaciones de re trabajo</b>	Brazo flexible ajustable de extracción 1m de longitud con boquilla metálica de fácil instalación 60 mm de diámetro	4	\$200	\$800	Weller
<b>Extractor portátil para tarea de mantenimiento</b>	Kit Extractor de humos Zero Smog 4V + 2 brazos de extracción con boquilla metálica	1	\$2500	\$2500	Weller
<b>Brazo de extracción para tarea de mantenimiento</b>	Brazo flexible ajustable de extracción 1m de longitud con boquilla metálica de fácil instalación 60 mm de diámetro	1	\$200	\$200	Weller
<b>Total</b>				<b>\$7040</b>	

Adicionalmente a modo de referencia en el siguiente recuadro se muestran los costos de los filtros y pre filtros. No es posible especificar la cantidad de estos pues depende directamente de la cantidad del uso de los mismos.

Cuadro 8-2. Costos de pre filtros y filtros para extractores portátiles

Ítem	Descripción	Costo	Fuente
<b>Pre filtro para extractor MG 130 100-240 v</b>	Caja con 10 unidades	\$35	Weller
<b>Filtro para extractor MG 130 100-240 v</b>	Costo individual	\$211	Weller
<b>Pre filtro para extractor Zero Smog 4V</b>	Caja con 10 unidades	\$84	Weller
<b>Filtro para extractor Zero Smog 4V</b>	Costo individual	\$318	Weller

El presupuesto para el equipo de protección personal se muestra a continuación:

Cuadro 8-3. Presupuesto del Equipo de Protección Personal

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Fuente
<b>Protección respiratoria para tarea de micro soldadura manual</b>	Respirador de media cara MSA Advantage 200	8	¢11 000	¢88 000	ESOSA
	Cartuchos GME Advantage (Par)	8	¢10 692	¢85 536	ESOSA
<b>Protección respiratoria para tareas de mantenimiento</b>	Respirador de cara completa 3M 6800	5	¢83 200	¢416 000	ESOSA
	Filtro 2097 3M (Par)	5	¢13 000	¢65 000	ESOSA
<b>Guantes para mantenimiento</b>	GRP 50 GL Guantes para protección de temperatura	5	¢64 815	¢324 075	ESOSA
<b>Buzo de cuerpo entero para mantenimiento</b>	3M traje de protección corporal contra polvo y salpicaduras	5	¢3 570	¢17 850	ESOSA
<b>Delantal protector contra salpicaduras calientes</b>	Delantal de cuero 60cm x 90cm MAGNUM	5	¢10 100	¢50 500	ESOSA
<b>Polainas</b>	Cobertor de cuero retardantes para protección de la pierna V-Moni (Par)	5	¢9 900	¢49 500	Amazon
<b>Total</b>				¢1 096 461	

Finalmente, como controles administrativos se deben de presupuestar la impresión de los posters informativos la cual se muestra continuación:

Cuadro 8-4. Presupuesto de los controles administrativos

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Fuente
<b>Posters informativos</b>	Recordatorio del uso de extractores, tamaño carta a color	4	¢310	¢1240	Office Depot
	Prevención tareas de mantenimiento tamaño carta a color	2	¢310	¢930	Office Depot
	Buenas prácticas de trabajo a color tamaño A3	2	¢500	¢1000	Office Depot
	Incentivación de participación a color tamaño A3	2	¢500	¢1000	Office Depot
<b>Jabón</b>	Removedor de metales pesados D-LEAD	1 ga	¢14500	¢14500	ESCA Tech
<b>Total</b>				¢18 670	

---

---

# **9. Conclusiones y recomendaciones**

---

---

## A. Conclusiones

- El presente programa fue realizado con base en los resultados del análisis de la situación actual como parte de las alternativas de solución para disminuir la exposición ocupacional a plomo y estaño en la línea de ensamble Teradyne.
- Los controles ingenieriles propuestos pretenden disminuir las concentraciones de plomo y estaño a las que se exponen los trabajadores de re trabajo y mantenimiento al realizar sus labores.
- Los controles ingenieriles diseñados fueron seleccionados a partir de un análisis de viabilidad tomando en cuenta aspectos de salud, seguridad, ambiente, costos económicos, aspectos sociales, culturales y cumplimiento de estándares.
- El diseño de los controles ingenieriles se realizó tomando en cuenta las características propias del sector, proceso productivo y trabajadores. Además, estos permiten cumplir con la normativa actual en cuanto a salud, seguridad y ambiente.
- El equipo de protección personal propuesto es apto para la realización de las tareas en cuestión. Brinda protección ante la inhalación de partículas contaminantes y otros riesgos presentes en el proceso como lo es trabajos en caliente para el caso del mantenimiento de la máquina *wave solder*.
- Como parte de los controles administrativos se establecen procedimientos para la evaluación de la exposición, vigilancia a la salud, buenas prácticas de trabajo y procedimientos asociados al equipo de protección personal.
- Los controles administrativos son un complemento sumamente importante a los controles ingenieriles y EPP pues permiten aumentar la eficiencia de los mismos.
- La formación y capacitación propuesta es de gran importancia para lograr los objetivos del programa, así como para generar conciencia en los trabajadores sobre la necesidad de poner en práctica medidas preventivas.
- El seguimiento, evaluación y actualización del programa permitirá la mejora continua del mismo, de forma que los objetivos puedan alcanzarse cada vez más de la mejor manera.

## **B. Recomendaciones**

- Es recomendable que todas las partes involucradas en el programa participen activamente en la implementación y evaluación del mismo. Esto permitirá que se obtengan mejores resultados y que por tanto el programa sea exitoso.
- Se recomienda hacer una adecuada divulgación del programa con la finalidad de que todos los miembros de la empresa tengan conocimiento de la existencia del mismo y puedan contribuir con el cumplimiento de sus objetivos.
- En cuanto a los controles ingenieriles estos deben de implementarse e incorporarse en el plan de mantenimiento preventivo de la empresa para mantener su eficiencia. De igual forma, en caso de que exista algún cambio en el proceso debe de analizarse si los controles establecidos son suficientes o se requiere algún cambio.
- Es importante supervisar que los trabajadores hagan un adecuado uso de los controles ingenieriles para asegurar que estos estén protegiendo ante la inhalación de las partículas contaminantes.
- El equipo de protección personal debe de ser proporcionado al 100% de los trabajadores que lo requieren. Es importante asegurarse de que los trabajadores sean capacitados en cuanto a su uso, almacenamiento y mantenimiento. Además, se debe de verificar que efectivamente los trabajadores sigan los lineamientos establecidos.
- Es importante seguir los lineamientos establecidos en los diferentes procedimientos de los controles administrativos pues esto permitirá que los controles ingenieriles y el equipo de protección personal sean más eficientes.
- Se considera de gran importancia que la coordinadora de EHS, supervisores de área y trabajadores formen un equipo de forma que todos contribuyan con aportes valiosos para la mejora continua del programa.

## VI. Bibliografía

3M (2018). Guía para la selección de respiradores. Obtenido de:

<http://multimedia.3m.com/mws/media/323331O/respirator-selection-guide-spanish.pdf>.

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2005). *Estaño y Compuestos de Estaño*. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts55.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts55.pdf)

American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2019). *2019 guide to occupational exposure values*.

American Conference of Governmental Industrial Hygienist. (ACGIH), (1998).

Industrial Ventilation Manual. 23<sup>rd</sup>Edition. Ohio, USA.

Arriagada Recabal, K. A. (2018). *Evaluación de sistema de extracción de partículas de plomo en proceso de escoriado de tinas en empresa metalmecánica*.

ATSDR. (2019, febrero 12). *ToxFAQs™: Estaño y compuestos de estaño (Tin and Tin Compounds) | ToxFAQ | ATSDR*.

[https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts55.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts55.html)

Azcona-Cruz, M. I., Ramírez, R., & Vicente-Flores, G. (2015). Efectos tóxicos del plomo. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 20(1), 72–77.

Baraza Sánchez, X., Castejón Vilella, E., & Guardino Solà, X. (2014). *Higiene industrial*. Recuperado de

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=3226824>

Betha, R., Behera, S. N., & Balasubramanian, R. (2014). 2013 Southeast Asian smoke haze: Fractionation of particulate-bound elements and associated

health risk. *Environmental Science & Technology*, 48(8), 4327–4335.

<https://doi.org/10.1021/es405533d>

Castro, N. P. P., Rojas, W. M., Gari, N. E. P., & Cuadro, J. A. D. (2013). Revisión de las implicaciones ocupacionales por exposición al plomo. *Informador Técnico*, 77(2). <https://doi.org/10.23850/22565035.58>

Código de Trabajo. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Costa Rica, San José, Costa Rica, 26 de Agosto de 1943.

Convenio para la Protección Contra el Riesgo Debidos a la Contaminación. Sistema Costarricense de Información Jurídica, San José, Costa Rica, 23 de Agosto del 2006.

David, A., & Wagner, G. R. (2012). *Capítulo 10 Aparato respiratorio. En: Enciclopedia de la OIT.*

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=3204474>

Delgado Leandro, Y. C., Sánchez Saravia, B. D., & Urdy Velarde, W. G. (2017).

Propuesta de nuevas estrategias en la capacitación de prevención de riesgos laborales, basados en la gamificación y aplicación de métodos lúdicos en la Corporación Nuevo Horizonte RZ&DI E.I.R.L.- Arequipa 2017. *Universidad Tecnológica del Perú*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/719>

Emsley, J. (2011). *Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements*. OUP Oxford.

ESOSA (2020). Equipos de Salud Ocupacional. Obtenido de:

<http://www.esosacr.com/>

- García Jorge, R. (2012). *Aspectos normativos de prevención de riesgos laborales en la fabricación, montaje y ensamblado de circuitos impresos*.
- Henao, F. (2015). *Riesgos químicos (2a. Ed.)*. Ecoe Ediciones.  
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=4870571>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., Méndez Valencia, S., & Mendoza Torres, C. P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (2016). INTE 31-08-04:2016. Salud y Seguridad en el Trabajo. Concentraciones ambientales máximas permisibles en los centros de trabajo tercera edición.) San José: INTECO
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (2016). INTE 31-08-07:2016. Salud y Seguridad en el Trabajo. Determinación de plomo y compuestos inorgánicos de plomo. Método de ensayo (segunda edición.) San José: INTECO.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (2016). INTE T55:201. Salud y Seguridad en el Trabajo. Guía para la identificación de los peligros y evaluación de riesgos en los centros de trabajo. San José: INTECO.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (2016). INTE 31-08-08:2016. Salud y Seguridad en el Trabajo. Ventilación para una calidad aceptable del aire en interiores.
- Juárez, F. J., Rincón Sánchez, A. R., & Martínez, R. R. (2009). *Toxicología ambiental*. Universidad Autónoma de Aguascalientes.  
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=3221575>

- Kosnett, M. J. (2017). Lead. En J. Brent, K. Burkhart, P. Dargan, B. Hatten, B. Megarbane, R. Palmer, & J. White (Eds.), *Critical Care Toxicology: Diagnosis and Management of the Critically Poisoned Patient* (pp. 1675–1703). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-17900-1\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-17900-1_17)
- Lehnert, M., Hoffmeyer, F., Gawrych, K., Lotz, A., Heinze, E., Berresheim, H., Merget, R., Harth, V., Van Gelder, R., Hahn, J.-U., Hartwig, A., Weiß, T., Pesch, B., Brüning, T., & WELDOX Study Group. (2015). Effects of Exposure to Welding Fume on Lung Function: Results from the German WELDOX Study. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 834, 1–13. [https://doi.org/10.1007/5584\\_2014\\_65](https://doi.org/10.1007/5584_2014_65)
- Ley General de Salud N°5395. Sistema Costarricense de Información Jurídica, San José, Costa Rica, 24 de febrero de 1974.
- Ley orgánica del Ambiente N°7554. Sistema Costarricense de Información Jurídica, San José, Costa Rica, 04 de octubre de 1995.
- Londoño-Franco, L. F., Londoño-Muñoz, P. T., & Muñoz-García, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145–153.
- Lozano, G., & del Pilar, M. (2015). *La importancia de prevenir los riesgos laborales en una organización*.
- Luis Fernando Giraldo, Alirio Rodríguez Bastidas, Mateo Benavides, Rafael García, & Paulina Ojeda. (2013). *Neumoconiosis Ocupacional por Óxido de Estaño*. 38(4).
- Mahurpawar, M. (2015). *EFFECTS OF HEAVY METALS ON HUMAN HEALTH*.

- Ministerio de Educación Superior. (2015). *Sustancias químicas y peligrosas*.  
Recuperado de  
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/detail.action?docID=3229390>
- Ministerio de Salud de Costa Rica (2020). Protocolo de lavado de manos. Obtenido de: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/>
- Molano, C. A. G. (2019). Efectos a la salud por exposición a partículas ultrafinas generadas en los procesos de soldadura. *Mare Ingenii. Ingenierías*, 1(1), 29–37.
- National Institute for Occupational Safety and Health (1978). NIOSH Occupational Safety and Health Guideline for inorganic Lead.
- National Institute for Occupational Safety and Health (1978). NIOSH Occupational Safety and Health Guideline for inorganic Tin Compounds.
- Nordberg, G., & Nordberg, G. (2017). Metales: Propiedades químicas y toxicidad productos químicos. *Recuperado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOI T, 2>*, 63.
- Núñez, M. E. T., & Zevallos, M. O. G. (2010). Evaluación De Metales Pesados En El Tóner Usado En Fotocopiadoras. Su Relación Con Los Trabajadores Y Medidas De Mitigación. *EVALUATION OF HEAVY METALS IN THE TONER USED IN PHOTOCOPIERS IN THE CITY OF AREQUIPA.*, 76(2), 179–186.
- Occupational Safety and Health Administration (1991). OSHA ID-206: ICP Analysis of Metal/Metalloid Particulates from Solder Operations

- Occupational Safety and Health Administration. OSHA 1910.1025 Occupational Safety and Health Standards. Toxic and Hazardous Substances. Lead.
- OSHA. (2009). *Lo Que Pueden Hacer los Patronos para Proteger a los Trabajadores Contra la Gripe Pandémica*. United States Department of Labor.  
<https://www.osha.gov/Publications/employers-protect-workers-flu-factsheet-spanish.html>
- Perkins, J. L. (2008). *Modern industrial hygiene*. ACGIH.
- Plyvoment (2020). Catálogo de productos en línea. Obtenido de:  
<https://www.plymovent.com/es/inicio>
- Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo. Sistema Costarricense de Información Jurídica, San José, Costa Rica, 23 de febrero de 1977.
- Reglamento sobre Higiene Industrial. Sistema Costarricense de Información Jurídica, San José, Costa Rica, 22 de abril de 1980.
- Rodríguez Heredia, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN*, 21(12), 3372–3385.
- Silva, J. P., Méndez, G. L., Marrugo, D. G., Monroy, H. M., & Herrera, L. B. (2018). Determinación de metales pesados en humos metálicos presentes en ambientes informales de trabajo dedicados a la soldadura. *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas; Bogota*, 47(1), 14–25.  
<http://dx.doi.org.ezproxy.itcr.ac.cr/10.15446/rcciquifa.v47n1.70653>
- Sztulwark, S., & Juncal, S. (2014). Innovación y Producción en la Industria Manufacturera: Estudio Comparativo de Cadenas Globales. *Journal of*

*technology management & innovation*, 9(4), 119–131.

<https://doi.org/10.4067/S0718-27242014000400009>

Trujillo, R. F. (2014). *Seguridad ocupacional (6a. Ed.)*. Ecoe Ediciones.

Villarroel Cantillana, E. (2014). Identificación, Análisis y Evaluación del Riesgo de Exposición Ocupacional en Servicios de Preparación de Citostáticos de la Red Nacional de Prestadores. *Ciencia & trabajo*, 16, 56–64.

UNE Normalización Española (2019). UNE-EN-689:2019: Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.

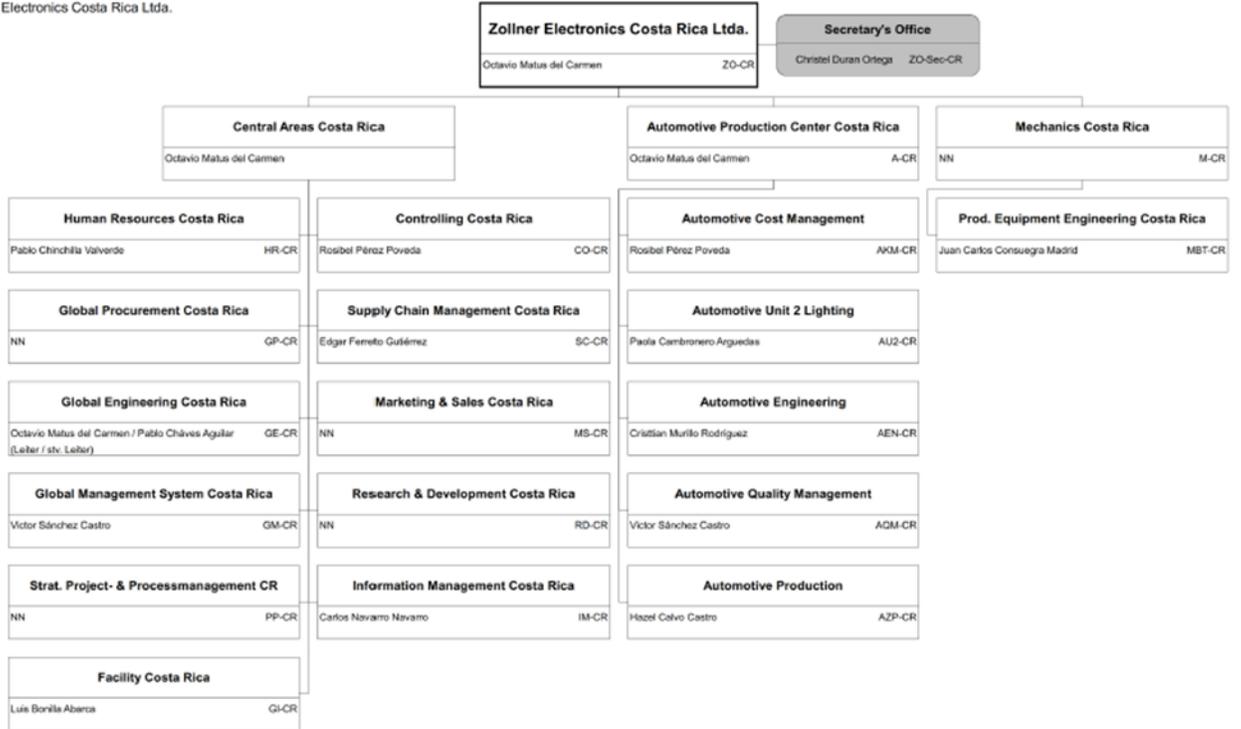
VENTBOSS (2020). Catálogo de Productos. Obtenido de: <https://www.ventboss.com/>

Weller (2019). Catálogo General de Productos. Obtenido de: <https://www.weller-tools.com/index.html>

## VII. Anexos

### Anexo 1. Organigrama de Zollner Electronics Costa Rica

Electronics Costa Rica Ltda.



Fuente: Departamento de Recursos Humanos Zollner Electronics Ltda.

Anexo 2. Carta de justificación para la elección de los grupos a muestrear

Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

Cédula jurídica 3102666982



Cartago, 18 de febrero del 2020.

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en seguridad laboral e higiene ambiental  
Profesor Carlos Mata Montero

Estimado profesor

Por este medio me dirijo a usted para expresarle las razones por las cuales es muy valioso para mí y para la empresa que como parte del proyecto de MakeyIn se muestree la tarea de mantenimiento en el área de THT.

Según mi criterio y experiencia la tarea de mantenimiento de la máquina soldadura en ola es la más riesgosa pues existe mayor exposición a los humos de soldadura. Durante el mantenimiento el pot o tanque con soldadura queda totalmente expuesto con la soldadura caliente que genera una gran emanación de humos con Pb y Sn. Esta tarea se realiza frecuentemente e involucra más trabajadores. Por otra parte, en esta tarea no tenemos ningún control ingenieril establecido y es de mi interés que el proyecto pueda brindar alternativas de solución para este problema.

Inicialmente MakeyIn propuso muestrear ensamble pues el mantenimiento se realiza en las noches, sin embargo, después de varias gestiones se logró que se pueda realizar el muestreo y ya se programó con el laboratorio para muestrear el día martes 25 de febrero.

En la tarea de ensamble las probabilidades de exposición son muy pequeñas pues los humos de soldadura se generan a lo interno de la máquina y al ser muy nueva tiene muy buenos controles que aseguran que los humos no lleguen al trabajador. Por todo lo anterior definitivamente considero que le agrega más valor al proyecto muestrear las tareas de mantenimiento y re trabajo donde los trabajadores están expuestos a humos de soldadura y sería más beneficioso para la empresa.

De antemano agradezco su comprensión



Mariela Núñez Row

Coordinadora de seguridad, salud y ambiente.

Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

[mariela\\_nunez@zollner-electronics.com](mailto:mariela_nunez@zollner-electronics.com)

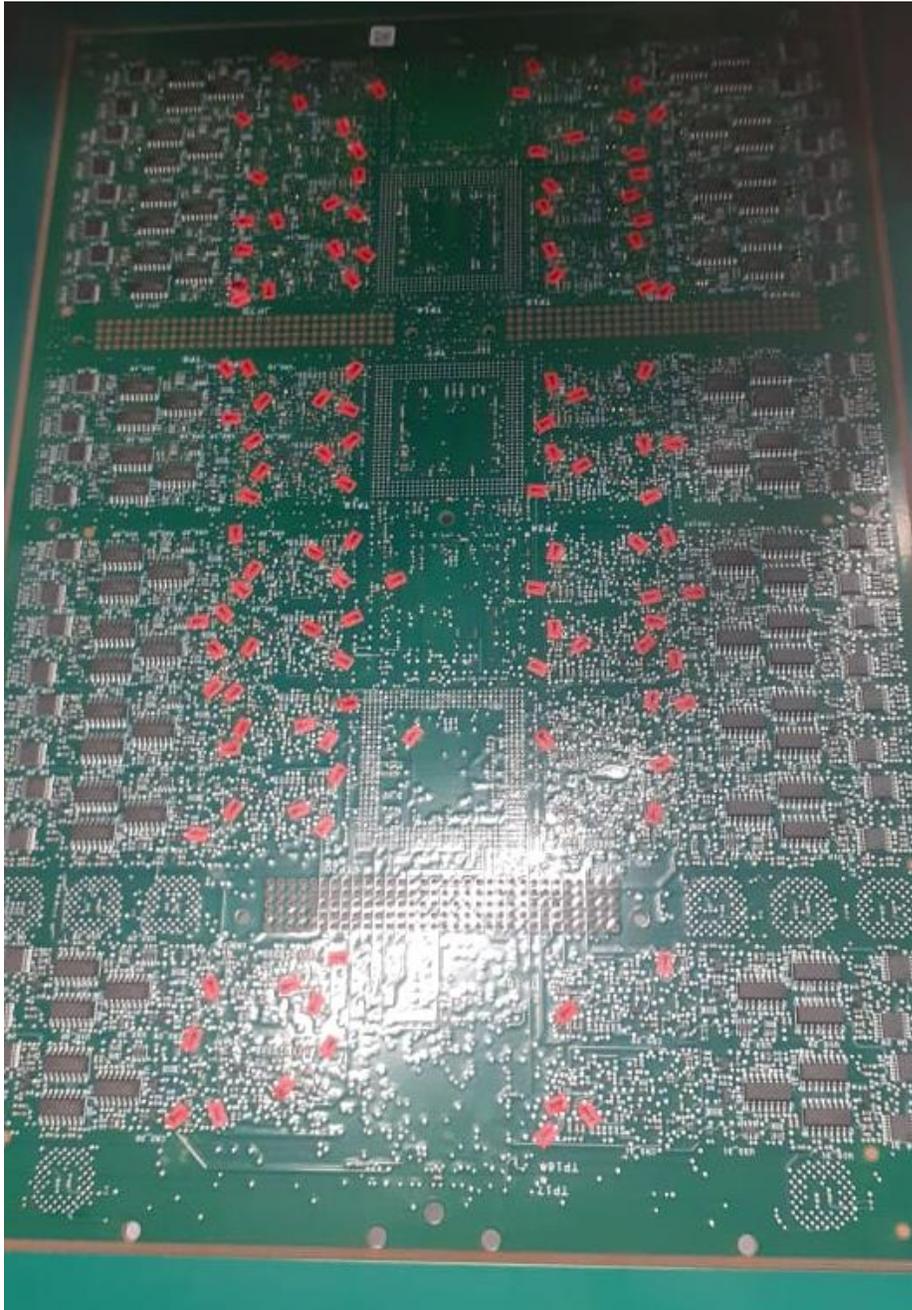
+506 25505737

+506 04281548



Planta Cartago, Zona Franca Lima.  
300 m oeste del Almacén fiscal del BCR, La Lima, San Nicolás, Cartago, Costa Rica, 30104  
[www.zollner-electronics.com](http://www.zollner-electronics.com)

Anexo 3. Foto de tarjeta a re trabajar



Anexo 4. Carta de aclaración de la empresa

Zollner Electronics Costa Rica Ltda.  
Cédula Jurídica 3102609962



Cartago, 19 de Mayo del 2020.

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en seguridad laboral e higiene ambiental  
Comité de trabajos finales de graduación

Estimados señores(as)

Por esta medio me dirijo a ustedes para expresarle las razones por las cuales la coordinación de seguridad salud y ambiente (coordinación de EHS) , no coordina el diseño e implementación del sistema de ventilación y extracción general de la empresa. Esta función está a cargo del departamento de Facilidades de la empresa, sin embargo, la coordinación de EHS, es parte del procedimiento a seguir para validar el diseño, la implementación y verificación de nuevos procesos o cambios en los mismos, esto involucra dar visto bueno a cada una de las etapas del proyecto.

Sin otro particular, suscribe;

Mariela Núñez Row

Coordinadora de seguridad, salud y ambiente.

Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

[mariela\\_nunez@zollner-electronics.com](mailto:mariela_nunez@zollner-electronics.com)

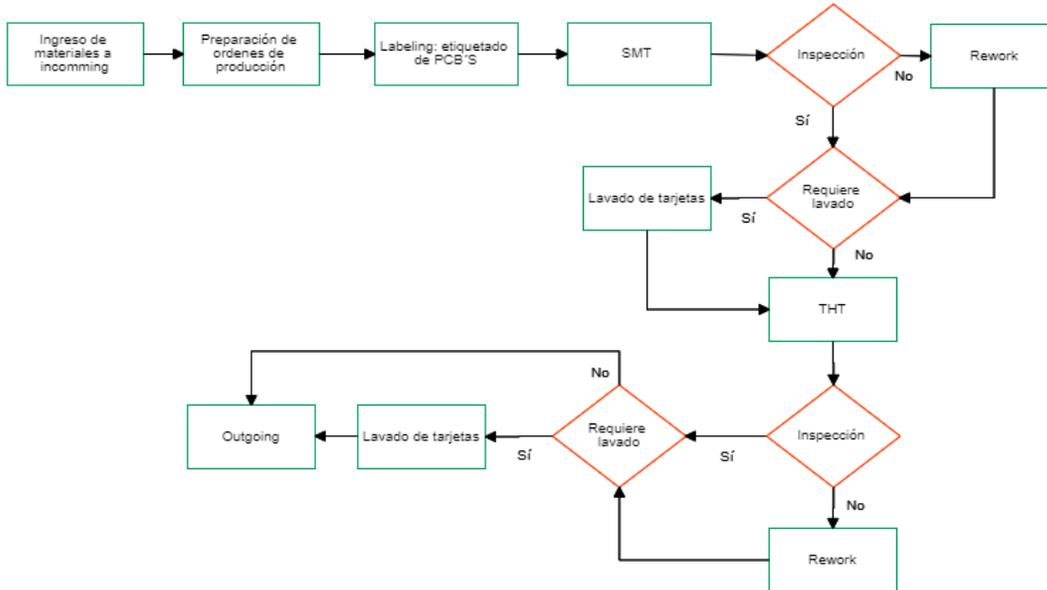
+506 25505737

+506 84281548



## VIII. Apéndices

### Apéndice 1. Diagrama de procesos línea de producción Teradyne



### Apéndice 2. Análisis de riesgos del proyecto

Para el análisis de riesgos, inicialmente se realizó un diagrama de causa-efecto para identificar todos los posibles riesgos asociados al proyecto. Dichos riesgos son situaciones que de materializarse podrían generar un efecto adverso causando daños o retrasos en el mismo. Se identificó un total de 12 riesgos.

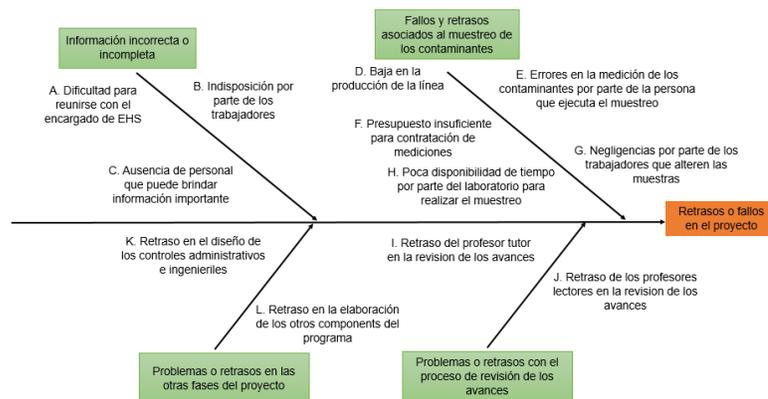


Figura 9-1. Diagrama causa-efecto de los riesgos del proyecto

Posteriormente los riesgos se evaluaron para poder clasificarlos como alto, medio o bajo. Para esto se utilizó la herramienta del SEVRI que clasifica el riesgo como alto, medio o bajo utilizando las siguientes escalas de impacto y probabilidad, las cuales fueron modificadas un poco en la descripción para mayor adaptación con el proyecto.

Cuadro 9-1. Escala de impacto para la materialización de los riesgos

Impacto	Abreviatura	Valor	Descripción
Alto	A	3	Existen prejuicios graves al proyecto. Imposibilita el cumplimiento de los objetivos
Medio	M	2	Prejuicios medios al proyecto. Dificulta el alcance de los objetivos
Bajo	B	1	No hay prejuicios al proyecto. No dificulta el alcance los objetivos

Fuente: Guía del SEVRI, 2018.

Cuadro 9-2. Escala de probabilidad para la materialización de riesgos del proyecto

Impacto	Abreviatura	Valor	Descripción
Alto	A	3	Evento puede ocurrir en la mayoría de los casos
Medio	M	2	Puede ocurrir en algún momento
Bajo	B	1	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Fuente: Guía del SEVRI, 2018.

De acuerdo a estas escalas se asignaron los valores y se colocaron en la siguiente matriz para determinar los riesgos que están en zona roja, amarilla y verde. Las letras en el mapa corresponden a las letras de los riesgos mostrados en el diagrama causa-efecto anteriormente.

Probabilidad	Alta (3)	3 E H	6 F	9 D G
	Media (2)	2 A C	4 B I J K L	6
	Baja (1)	1	2	3
		Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)
		Impacto		

Figura 9-2. Matriz de clasificación de los riesgos del proyecto

El valor del riesgo se calculó multiplicando el impacto por la probabilidad y se clasifica de acuerdo al cuadro 6.

Cuadro 9-3. Clasificación del riesgo

Impacto	Abreviatura	Valor	Descripción
Alto	A	3	Acción inmediata
Medio	M	2	Debe especificarse responsabilidad
Bajo	B	1	Administrarlo mediante procedimiento de rutina

Fuente: Guía del SEVRI, 2018.

Como se puede observar se determinaron tres riesgos altos en zona roja de mayor prioridad, estos son asociados a fallos en el muestreo y análisis de la exposición a los contaminantes. En zona amarilla se determinaron seis riesgos los cuales tienen relación igualmente con la evaluación de los contaminantes, retrasos en la fase de diseño y retrasos en las revisiones de los profesores lectores y tutor, estos tienen prioridad media. En zona verde se encuentran dos riesgos de menor prioridad los cuales están relacionados con dificultad para recolectar información.

Finalmente, a continuación, se enlistan las medidas de prevención que se tomarán para evitar que se materialicen los riesgos. Además, las acciones correctivas que se realizarían en caso de que no se logre prevenir el riesgo y de todas formas suceda.

Cuadro 9-4. Medidas de prevención y acciones correctivas para los riesgos del proyecto

Riesgo	Condición	Medidas preventivas	Acciones correctivas
A. Dificultad para reunirse con el encargado EHS	Bajo	-Coordinar con anterioridad las reuniones con el encargado. -Recordar una semana previa las reuniones al encargado	-Realizar las reuniones mediante medios digitales como video llamadas
B. Indisposición por parte de los trabajadores	Medio	-Explicar con anterioridad los objetivos del proyecto y motivar su participación	-Recolectar la información de otros medios como líderes y supervisores
C. Ausencia de personal que pueda brindar información importante	Bajo	- Coordinar con anterioridad si las personas estarán en las fechas de recolección de información	-Obtener la información vía digital -Realizar cambios en el cronograma
D. Baja en la línea de producción	Alto	-Planificar los días de medición de acuerdo al plan de producción de la línea.	-Realizar cambios en el cronograma en cuanto a las fechas de medición -Medición de grupos e exposición diferentes
E. Errores en la medición de los contaminantes	Medio	-Observar el muestreo en todo momento para asegurarse de que se realice de forma correcta	-Solicitar una nueva medición como parte de la garantía
F. Presupuesto insuficiente para contratar mediciones	Alto	-Solicitar que se incluya con antelación el costo de las mediciones del proyecto en el presupuesto anual para el Dpto. de EHS	-Buscar otros laboratorios que cumplan con los requisitos de la empresa y el costo sea menor -Cambios en el cronograma
G. Negligencias o accidentes por parte de los trabajadores que alteren las muestras	Alto	-Explicar detenidamente el proceso a los trabajadores y los cuidados que deben de tener -Observar a los trabajadores en todo momento durante las mediciones	-Medir nuevamente si es posible -Considerar los fallos en el análisis de resultados
Riesgo	Condición	Medidas preventivas	Acciones correctivas

H. Poca disponibilidad de tiempo por parte del laboratorio para realizar el muestreo	Medio	-Coordinar con antelación los días de muestreo de acuerdo a la disponibilidad del laboratorio.	-Buscar otros laboratorios que cumplan con los requisitos de la empresa que tengan disponibilidad -Cambios en el cronograma
I. Retraso de los profesores lectores en la revisión de los avances	Medio	-Coordinación constante	-Solicitud de prórrogas
J. Retraso en el diseño de los controles administrativos e ingenieriles	Medio	-Adelantar los diseños y componentes del programa tanto como sea posible	-Cambios en el cronograma -Solicitud de prórrogas
K. Retraso de los profesores lectores en la revisión de los avances	Medio		

De los riesgos que se analizaron se materializaron fallos en el muestreo pues como se indicó el laboratorio cometió un error en la colocación del dispositivo de captura. Esto se resolvió reclamando la garantía con el laboratorio y generando dentro del procedimiento de evaluación una herramienta para verificar la calidad en el muestreo para ocasiones posteriores. De igual forma el diseño de los controles ingenieriles se realizó con un alto margen de diseño.

El presupuesto estimado para el proyecto se muestra a continuación. Los costos incluidos se refieren a:

- Costos de transporte: pasajes del bus ida y vuelta hacia el Parque Industrial la Lima, aproximadamente tres días por semana.
- Costo de contratación de laboratorio para el muestreo de la exposición: basado en tres días de muestreo en sitio, 6 muestras personales para estaño y plomo, análisis del laboratorio con espectrometría de absorción atómica.
- Costos de papelería: fotocopias, impresiones, empastado, etc.

Cuadro 9-5. Presupuesto del proyecto

Descripción	Costo en colones
Transporte	36.000
Muestreo de contaminates y análisis	1.500.000
Costos de papelería	20.000
Total	1.556.000

Apéndice 4. Cronograma del proyecto

A continuación, se muestra el cronograma de Gantt.



Figura 9-3. Cronograma del proyecto

La descripción de las tareas del cronograma se muestra el siguiente cuadro.

Cuadro 9-6. Descripción de las tareas del cronograma

	Descripción de tareas
Tarea 1	Elaboración de herramientas de recolección de información
Tarea 2	Aplicación de herramientas de recolección de información
Tarea 3	Descripción de las tareas mediante observaciones y una matriz
Tarea 4	Elaboración de un diagrama causa-efecto
Tarea 5	Priorización de los factores de identificados mediante una matriz
Tarea 6	Establecimiento de la estrategia de muestreo
Tarea 7	Coordinación del servicio de muestreo con el laboratorio
Tarea 8	Confeccionamiento de una bitácora de muestreo
Tarea 9	Ejecución de las mediciones por parte del laboratorio
Tarea 10	Estimación de la concentración de los contaminantes por espectrometría de absorción atómica
Tarea 11	Análisis estadístico de los datos concentración
Tarea 12	Análisis de los resultados con base en la normativa y TLV'S
Tarea 13	Diseño de controles de ingenieriles
Tarea 14	Diseño de controles administrativos
Tarea 15	Elaboración de los componentes del programa

Encuesta Higiénica			
<b>Propósito:</b> Recolectar información referente a la empresa, el proceso y los trabajadores para determinar factores contribuyentes con la exposición a plomo y estaño.			
<b>a. Datos generales</b>			
Nombre del aplicador:			
Fecha de aplicación:			
Hora de aplicación:			
<b>b. Información de la empresa</b>			
Nombre:			
Dirección:			
Actividad que realiza:			
Nombre del coordinador EHS:			
<b>c. Organización del trabajo</b>			
Número de trabajadores			
Tipo de proceso	Continuo	Lote	Tarea
Cantidad de turnos	1	2	3
Rotación de turnos	Sí	No ( )	En ocasiones
Tipo de trabajo	Rotativo		Permanente
Interacción en el trabajo	Trabajo individual		Trabajo grupal
Descripción de las tareas	Variable cíclica	Variable no cíclica	Repetitivo
Duración de la jornada			
¿Se laboran horas extra?			
¿Cómo se realiza la distribución de horas extra?			
Promedio de horas extras			
¿Existen pausas para tomar alimentos?			
¿Existen cuotas de producción?			
<b>d. Datos demográficos de los trabajadores</b>			
Edad promedio	18-30	31-40	40 o más
Cantidad de trabajadores hombres:	Cantidad de trabajadores mujeres:		
Tiempo promedio de trabajar en el proceso			
<b>e. Materiales</b>			
Materia prima principal			
Materias primas secundarias			

Riesgos de los materiales	Intoxicación	Incendio	Explosión	Otros:
TLV sustancias	Plomo:		Estaño:	
<b>f. Evaluaciones</b>				
¿Se han realizado evaluaciones previas?				
¿Existe exposición a otros agentes (ruido, radiaciones, temperaturas, etc)? ¿Cuáles?				
<b>g. Limpieza</b>				
¿Quiénes realizan las labores de limpieza?				
¿En qué momento se realiza la limpieza de las áreas?				
¿Cuál es la duración de la limpieza?				
<b>h. Características del área de trabajo</b>				
Dimensiones área de Teradyne	Largo	Ancho	Alto	
Dimensiones promedio de las estaciones de trabajo	Largo	Ancho	Alto	
Material de las paredes				
Material del piso				
Material del techo				
Cantidad de medios de ingreso y egreso				
Cantidad de entradas de aire				
¿Qué fuentes generan humos de soldadura?				
¿Cuántas fuentes hay en el área?				
<b>i. Medidas de control y vigilancia médica</b>				
¿Qué procedimientos de trabajo escrito existen?				
¿Qué controles ingenieriles existen?				
¿Qué exámenes médicos se realizan?				
¿Cada cuánto se realizan los exámenes médicos?				
¿Se comunican los resultados de los exámenes médicos a los trabajadores?				

Apéndice 6. Cuestionario a los trabajadores

<b>Cuestionario a los trabajadores línea de producción Teradyne</b>		
<b>Empresa:</b> Zollner Electronics Costa Rica		
<b>Aplicador:</b> Makeylin Rodríguez Núñez		
<b>Propósito:</b> El presente cuestionario se realiza con el propósito de determinar el nivel de conocimiento que poseen los trabajadores de la línea de producción Teradyne acerca de los riesgos a los que se exponen y prácticas de trabajo seguras.		
Fecha:	Hora:	Puesto:
Edad:	Sexo:	Lugar de residencia:
<p>1. ¿Cuántos años tiene de trabajar en su puesto?</p> <p>( ) Menos de 1 año ( ) De 1 a 2 años ( ) De 2 a 4 años ( ) 5 años o más</p> <p>2. ¿Conoce usted los riesgos asociados a la exposición a Plomo y estaño?</p> <p>( ) Sí ( ) No</p> <p>Indique cuales conoce: _____</p> <p>3. La información que tiene acerca de dichos riesgos la ha recibido de: (puede macar varias opciones)</p> <p>( ) Capacitaciones recibidas por parte de la empresa</p> <p>( ) Ha escuchado de fuentes externas</p> <p>( ) Investigación propia</p> <p>( ) Otros medios: _____</p> <p>4. En qué momentos de su trabajo podría verse usted expuesto a plomo y estaño:</p> <p>( ) Durante toda la jornada</p> <p>( ) Ocasionalmente al hacer visitas al área de Teradyne</p> <p>( ) Ocasionalmente al realizar mantenimiento de los equipos</p> <p>5. ¿En qué medida considera que es importante conocer los riesgos asociados a su trabajo?</p> <p>( ) Poco importante ( ) Medianamente importante ( ) Muy importante</p> <p>6. ¿Se le ha capacitado acerca de buenas prácticas de trabajo para minimizar la</p>		

exposición a plomo y estaño?

Si  No

7. ¿Se le han brinda procedimientos por escrito respecto a buenas prácticas de trabajo (limpieza de puesto, lavado de manos, uso de EPP, entre otros)?

Si  No

8. De los siguientes temas, marque aquellos en los cuales ha recibido capacitación por parte de la empresa:

- Riesgos de trabajar con estaño y plomo
- Limpieza correcta de superficies de trabajo
- Uso correcto del equipo de protección personal (EPP)
- Practicas de trabajo seguro
- Interpretación de etiquetas y fichas de seguridad
- Otros: \_\_\_\_\_
- Ninguna de las anteriores

9. De las siguientes opciones, maque si ha presentado algunos de los siguiente síntomas con frecuencia:

- Disminución de la memoria
- Dificultad para concentrarse
- Alteraciones del sueño
- Cansancio muscular
- Dolores de cabeza
- Vómitos
- Estreñimiento
- Pérdida de peso
- Irritabilidad
- Dolor abdominal
- Entumecimiento de las manos o piernas
- Otros: \_\_\_\_\_

10. ¿Conoce usted un procedimiento de actuación en caso de intoxicación con los químicos que trabaja?

Sí, ¿Cuál? \_\_\_\_\_  No

11. ¿Sabe usted que es una "Hoja de datos de seguridad de los materiales" (MSDS)? Si la respuesta es no brinque a la pregunta\_\_

Si  No

12. ¿Conoce la forma correcta de interpretar una MSDS?

Si  No

13. ¿Sabe dónde puede acceder a las MSDS de los químicos con los que

trabaja?

Si  No

14. ¿Conoce en que momentos es necesario hacer uso del Equipo de Protección Personal?

Si  No

15. ¿Conoce la forma correcta de colocarse el equipo de protección personal?

Si  No

16. ¿Conoce cuál es el adecuado mantenimiento del equipo de protección personal?

Si  No

17. ¿Conoce cuál es la vida útil de su equipo de protección personal?

Si  No

18. De las tareas que usted realiza como parte de su puesto, ¿en cuales o cuales considera que existe mayor riesgo de exposición al plomo y estaño?

---

---

19. ¿Qué mejoras o medidas preventivas cree usted que se podrían mejorar para reducir la exposición a plomo y estaño?

---

Apéndice 7. Guía de observación participativa

<b>Guía de observación participativa</b>	
Área del proceso:	Aplicador: Makeylin Rodríguez Núñez
Puesto a evaluar:	Hora de inicio:
Fecha:	Hora de finalización:
Tarea a evaluar:	
Duración aproximada de la tarea:	
¿Existe un contacto directo con la pasta de soldadura que contiene Pb y Sn?	
¿Existe exposición a los humos de soldadura?	
¿Se cumplen las medidas de seguridad para evitar exposición establecida?	
¿Los operarios indican alguna disconformidad?	
Anotaciones u observaciones:	

Apéndice 8. Formato matriz de descripción de tareas y puntos de exposición

Parte del proceso	Tarea	Pasos	Materiales y herramientas utilizadas	Posibles puntos de exposición
SMT				
THT				
Mantenimiento				
Logística				

Apéndice 9. Entrevista semiestructurada

**Entrevista semiestructurada a encarga de EHS**

**Nombre: Mariela Núñez Row**

**Empresa: Zollner Electronics Costa Rica Ltda**

1. ¿Cuántos años tiene de trabajar en la empresa? \_\_\_\_\_
2. ¿Qué tipo de tareas desarrolla como parte de su puesto?
3. ¿De qué forma se han tomado precauciones al incorporar la nueva línea de Teradyne?
4. ¿Cuál considera usted que es el mayor riesgo de exposición a Pb y Sn en la línea productiva?
5. ¿Qué medidas preventivas han sido adoptadas para minimizar dichos riesgos?
6. ¿Se han presentado accidentes y/o incapacidades relacionados con la exposición a agentes químicos?
7. ¿Considera usted que los trabajadores están correctamente capacitados respecto a los riesgos a los que se exponen y las mejores prácticas de trabajo?
8. ¿Qué otras capacitaciones considera usted que son necesarias de impartir?
9. ¿De qué forma se asegura que las capacitaciones sean eficientes?
10. ¿Existen procedimientos de trabajo por escrito respecto a prácticas seguras de trabajo?

11. ¿Cuál es el sistema de comunicación que existe con los trabajadores?

12. ¿De qué forma asimilan los trabajadores las buenas prácticas de seguridad?

13. ¿Qué deficiencias en cuanto a controles administrativos existen en la línea?

14. ¿Qué deficiencias en cuanto a controles ingenieriles para disminuir la exposición existen en la línea?

15. Otra información relevante para el proyecto:

Apéndice 10. Lista de verificación

		Lista de verificación para la determinación de factores contribuyentes a la exposición de Pb y Sn en la línea Teradyne.			
		Código	SCE-01		
		Fecha de emisión	12 de enero del 2020		
		Versión	N° 1		
Realizado por Makeylin Rodríguez Núñez	Aprobado por Ing. Mariela Núñez Row. Coordinadora de EHS	Número de páginas			
<p>Normativa utilizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Guía para la evaluación y prevención de riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en las áreas de trabajo INSHT.</li> <li>-INTE 31-09-07 2016. Condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales e instalaciones y áreas de los centros de trabajo.</li> <li>-Guía de inspección general de las condiciones de salud ocupacional. CSO</li> <li>-Guía de ventilación y climatización del INSST</li> </ul>		Fecha de inspección			
<b>Aspectos a identificar</b>			<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
<b>9. Planta física</b>					
El área de Teradyne se encuentra separada de oficinas y otros recintos por medio de cubículos					
El área cuenta con ventanas y puertas cerradas que impidan la salida de humos					
El área cuenta con pisos antideslizantes que sean fáciles de limpiar y desinfectar					
Las paredes y techos son fáciles de limpiar y desinfectar					
Las estaciones de trabajo son resistentes al agua y productos químicos					
Existen lavamanos que se puedan accionar sin utilizar las manos en el área de trabajo					
<b>10. Señalización</b>					
Existe señalización referente a los riesgos químicos en el área de trabajo					
Las señales están ubicadas de manera que puedan ser fácilmente observadas.					
Las señales ofrecen la posibilidad real de cumplir con lo indicado					
Las señales atraen la atención de las personas a quienes van dirigidas.					
Señales dan conocer el peligro con anticipación, las consecuencias de interactuar con el mismo y la acción específica para evitarlo.					
Señales conducen a una interpretación única					

Aspectos a identificar	Si	No	Observaciones
Señales indican peligros en distintos puntos del proceso			
Existen avisos para identificar peligros como alto voltaje, explosivos, excavaciones, materiales peligrosos y equipo para incendio			
<b>11. Seguridad de la maquinaria</b>			
Las máquinas y herramientas en el proceso <b>no</b> generan un riesgo de exposición a metales pesados			
Existe un procedimiento por escrito de mantenimiento preventivo de las máquinas y herramientas			
Los riesgos asociados a las máquinas están señalizados			
No se han presentado accidentes relacionados con alguna máquina			
El diseño de las maquinas es ergonómico y permite realizar buenas prácticas de trabajo para evitar la exposición			
Las máquinas tienen los dispositivos de enclavamiento y resguardos debidamente colocados.			
Todo motor de la maquinaria está protegido y el arranque y parada de los mismos ofrece seguridad a los trabajadores			
Máquinas tienen dispositivo de paro de emergencia			
Las unidades móviles, piezas salientes y demás parte de motores, transmisiones y máquinas que ofrezcan peligro para los trabajadores están cubiertos			
<b>12. Limpieza y orden</b>			
Las tareas referentes a la limpieza de estaciones de trabajo están formalmente asignadas			
Se verifica que los métodos de limpieza del área de trabajo sean efectivos			
Existen procedimientos por escrito para la limpieza adecuada de las áreas de trabajo			
Se emplean medidas de seguridad extras al momento de limpiar las estaciones de trabajo			
Se identifican y comunican los riesgos asociados a los productos químicos que se utilizan para la limpieza de las estaciones de trabajo			
Se emplean medidas de seguridad extras al momento de limpiar las estaciones de trabajo			
Los residuos de materias primas o de fabricación y las aguas residuales se almacenan, evacuan o eliminan por procedimientos adecuados			
Existe una guía de colocación de las herramientas de trabajo			
Los aparatos, maquinaria e instalaciones en general, se mantienen siempre en buen estado de limpieza	X		
<b>13. Equipo de protección personal</b>			
Se brinda EPP a los trabajadores en las tareas que lo requieren			

Aspectos a identificar	Si	No	Observaciones
El EPP es adecuado para la exposición a humos metálicos (protección inhalatoria y dérmica)			
Los trabajadores conocen la forma de utilizar el EPP			
El EPP está al fácil alcance de los trabajadores al momento de realizar las tareas			
Se asegura el uso del EPP			
Se llevan a cabo inspecciones antes y después de utilizar el EPP			
Se cuenta con un procedimiento por escrito para el uso, disposición y almacenamiento de EPP			
Se provee a los trabajadores un lugar para disponer la gabacha de forma que está no pueda contaminar de metales otras áreas			
La empresa realiza el adecuado lavado de las gabachas utilizadas durante el proceso			
<b>14. Capacitación</b>			
Los trabajadores están capacitados en el uso correcto de las máquinas y herramientas			
Los trabajadores conocen los riesgos asociados a los químicos a los que se exponen			
Los trabajadores están capacitados respecto al uso del equipo de protección personal			
Los trabajadores están capacitados para detectar anomalías en los sistemas de extracción y reportarlos			
Existe un plan de capacitaciones			
Se asegura que se capacite a cada trabajador nuevo que ingrese al proceso respecto a los riesgos químicos, físicos, biológicos, etc a los que se exponen			
Se evalúa el conocimiento adquirido por los trabajadores después de las capacitaciones			
Se refuerzan periódicamente los temas de capacitación			
<b>15. Prácticas de trabajo</b>			
Se prohíbe consumir alimentos o bebidas en las áreas de trabajo			
Se cumple la prohibición de consumir alimentos o bebidas en las áreas de trabajo			
Se mantienen las puertas cerradas en el área de Teradyne para evitar que los humos salgan al exterior			
Los trabajadores se apegan a los procedimientos y protocolos de seguridad establecidos			
Los colaboradores comunican cualquier eventualidad o cambio en el proceso que podría generar riesgo de exposición			
<b>16. Condiciones de ventilación</b>			
En locales cerrados, el aire se renueva mediante ventilación natural o artificial			
La temperatura y el grado de humedad es ajustado para no causar daños a los trabajadores			

Aspectos a identificar	Si	No	Observaciones
Se dispone de sistemas (independientes o integrados en el sistema de ventilación) para la climatización de los locales			
La ventilación garantiza el confort de los trabajadores			
Existen sistemas de extracción de humos para todas las áreas del proceso donde se generan humos de soldadura			
Los sistemas de extracción tienen campanas de captación de forma y tamaño adecuado a las características de los focos de extracción			
Se han adoptado precauciones para evitar corrientes de aire transversales que puedan afectar a los sistemas de extracción localizada			
El caudal del sistema de extracción localizada es suficiente para capturar los contaminantes			
Se lleva a cabo una limpieza y mantenimiento periódico de los elementos del sistema de extracción			
Los sistemas de extracción fueron seleccionados tomando en cuenta las características y necesidades del proceso			
Se verifica la eficacia de los sistemas de extracción mediante mediciones de la atmósfera			
Los sistemas de extracción tienen depuradores o filtros			
Se realiza una adecuada gestión de los residuos recogidos y/o generados en la limpieza y mantenimiento de los elementos de depuración			
En todos los locales hay suministro de aire limpio y extracción de aire viciado			
Es posible regular el sistema de modo que en todo momento (para toda actividad y/o nivel de ocupación) proporcione la ventilación necesaria			
.El número de elementos para el suministro y extracción de aire, así como su distribución, permiten asegurar la eficacia del sistema de ventilación			
Las tomas de aire exterior se encuentran suficientemente alejadas de los puntos de descarga del aire contaminado			
Se realiza, si existen, el mantenimiento preventivo de instalaciones tales como los humidificadores o las torres de refrigeración			

Apéndice 11. Formato matriz de priorización de los factores de riesgo

Factor	Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad	Nivel de consecuencia	Nivel de riesgo	Aceptabilidad del riesgo

Apéndice 12. Formato cuadro resumen de variables medidas para el diseño de los controles ingenieriles y administrativos

Variables medidas para el diseño de los controles	
Controles ingenieriles	
Variable	Magnitud
Dimensiones de las estaciones del cuarto de Teradyne	
Cantidad de estaciones de trabajo	
Dimensiones de las estaciones de re trabajo	
Dimensiones del área expuesta del tanque de soldadura durante el mantenimiento	
Dimensiones mesa de trabajo de mantenimiento	
Temperatura del área	
Velocidad del aire promedio	
Cantidad de personas que permanecen en el sitio	
Número de entradas y salidas de aire	
Controles administrativos	
Variable	Magnitud
Edad promedio de los trabajadores	
Escolaridad de los trabajadores	

Apéndice 13. Bitácora de muestreo

**Bitácora de muestreo para las mediciones de Pb y Sn en la línea de producción Teradyne,  
Zollner Electronics Costa Rica**

**Laboratorio que realiza el muestreo:**

**Laboratorio Químico Lambda**

Apéndice 14. Acta de muestreo

<b>Acta de muestreo para las mediciones de Pb y Sn en la línea de producción Teradyne, Zollner Electronics Costa Rica</b>						
<b>Laboratorio que realiza el muestreo:</b>						
<b>Laboratorio Químico Lambda</b>						
<b>Datos generales</b>						
<b>Nombre de la empresa:</b> Zollner Electronics Costa Rica						
<b>Fecha:</b>						
<b>Nombre del aplicador:</b> Makeylin Rodríguez Núñez en conjunto con Laboratorio Químico Lambda.						
<b>Contaminantes a muestrear:</b> Plomo y estaño						
Puesto/Trabajador	ID de la muestra	ID de la bomba	Flujo inicial L/min	Flujo final L/min	Hora inicial	Hora final

Apéndice 15. Formato matriz de planeación de capacitaciones

Código de capacitación:					
Objetivos	Contenidos temáticos	Participantes	Metodología	Recursos	Duración

Apéndice 16. Formato matriz de asignación de responsabilidades

Código	Actividades	Involucrados			
<b>EDT</b>	<b>Programa para el control de exposición ocupacional a plomo y estaño durante el ensamble de tarjetas de circuito impreso, Zollner Electronics Costa Rica Ltda.</b>				

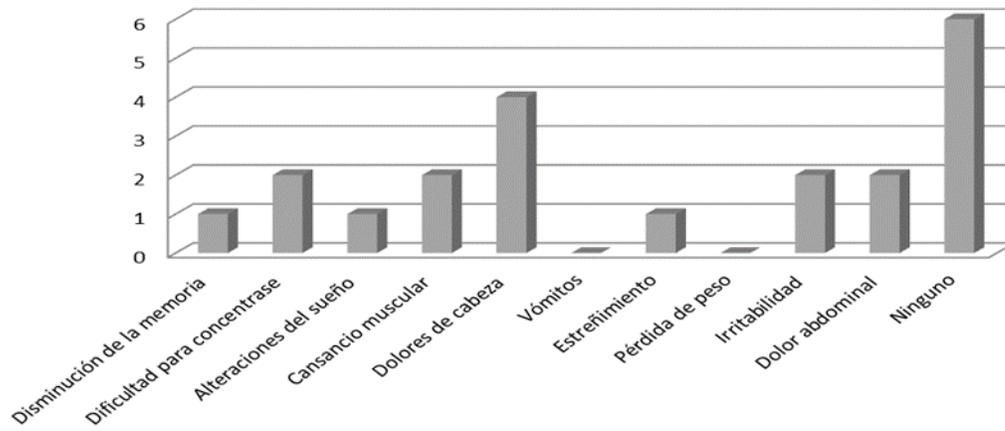
Apéndice 17. Formato matriz de aspectos y requisitos para el diseño de los controles ingenieriles

Aspectos y requisitos necesarios para el diseño		
Aspecto	Requisito	Referencia

Apéndice 18. Formato matriz de comparación de propuestas

Comparación de propuestas					
Propuesta	Viabilidad				
	Económica	Social	Ambiental	Cultural	Requisitos de la empresa
1					
2					
3					

Apéndice 19. Gráfico de síntomas presentados por los trabajadores



Apéndice 20. Matriz de descripción de tareas y puntos de exposición

Parte del proceso	Tarea	Pasos	Materiales y herramientas utilizadas	Posibles puntos de exposición
SMT	Etiquetado de tarjetas	Se etiquetan las tarjetas de forma individual y el panel	-Etiquetas de papel. -Máquinas de rayos láser	En esta tarea no existe exposición a Pb o Sn
	Depanelización	Se separan las tarjetas del panel	-Máquina de Depanelización.	En esta tarea no existe exposición a Pb o Sn
	Operación de línea SMT	Se coloca pasta de soldadura en un molde para adherir componentes, luego se opera la línea mediante computadoras	-PCBs -Máquina Pick and Place -Máquinas de inspección	El riesgo de exposición es en el momento de aplicar la pasta de soldadura. Sin embargo lo que podría ocurrir es que se toquen la boca e ingieran la pasta pues en este punto la soldadura está sólida y no se generan humos
THT	Ensamble	Se ensamblan de forma manual los componentes que atraviesan la tarjeta. Se insertan en la máquina de soldadura en ola mediante un sistema de transporte	-PCBs -Moldes -Máquina de soldadura en ola	El proceso de soldadura se realiza a lo interno de la máquina, esta cuenta con un sistema de extracción que impide la salida de los humos por tanto se considera que el riesgo de exposición es mínimo.
	Pruebas de soldabilidad	Se realizan pruebas a componentes en un <i>pot</i> de soldadura	- <i>Pot</i> de soldadura -Pasta de soldadura	Existe generación de humos de soldadura, sin embargo, estos están controlados mediante extracción localizada
	Lavado de tarjetas	Se lavan las tarjetas si es necesario después de ciertas partes del proceso	-Máquinas lavadoras -Agua des ionizada	En esta tarea no existe exposición a Pb o Sn
	Re trabajo	Se realiza micro soldadura manual de precisión para corregir errores en tarjetas	-Soldador de precisión -Soldadura en alambre -Flux de soldadura	Durante la soldadura manual se generan humos de soldadura
	Mantenimiento	Se realiza semanalmente mantenimiento a las máquinas	-Herramientas manuales -Implementos de limpieza para partes de las máquinas	El tanque de soldadura queda expuesto y se emanan una gran cantidad de humos
Logística	Tareas variadas	En ocasiones personal como ingenieros de procesos, calidad, entre otros ingresan al proceso a hacer inspecciones, validaciones, entre otras	- -Computadoras -Soldador -Microscopio	Al realizar validaciones hay exposición a humos de soldadura

Apéndice 21. Matriz de priorización de factores de riesgo

Factor		Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad	Nivel de consecuencia	Nivel de riesgo		Aceptabilidad del riesgo
Operacionales	Proceso es muy nuevo	2	4	M-8	10	80	III	Aceptable
	Rotación del personal	2	2	B-4	25	100	III	Aceptable
	Tareas del proceso que implican la exposición a humos de soldadura	6	4	MA-24	25	1140	I	No aceptable
	Se trabajan horas extra en épocas de elevada producción	2	1	B-2	25	50	III	Aceptable
Personales y vigilancia a la salud	Negligencia por parte de algunos trabajadores	2	1	B-2	25	50	III	Aceptable
	Resistencia ante la adopción de medidas preventivas	2	1	B-2	25	50	III	Aceptable
	No continuidad de exámenes médicos	6	4	MA-24	60	1440	I	No aceptable
Controles ingenieriles y EPP	Inexistencia de sistemas de extracción en tareas riesgosas	10	4	MA-40	60	2400	I	No aceptable
	EPP inadecuado para las tareas	10	4	MA-40	60	2400	I	No aceptable
	Trabajadores no utilizan EPP porque no está al alcance	2	2	B-4	60	240	II	No aceptable o aceptable con control específico
Controles administrativos	Escases de capacitaciones	6	4	MA-24	25	600	I	No aceptable
	Inexistencia de un programa de control de la exposición	10	4	MA-40	60	2400	I	No aceptable
	Inexistencia de guía y supervisión de limpieza de estaciones de trabajo	6	4	MA-24	25	600	I	No aceptable
	Deficiencia de procedimientos de trabajo seguro	6	4	MA-24	25	600	I	No aceptable

Apéndice 22. Cuadro de variables medidas para el diseño de los controles ingenieriles y administrativos

Variables medidas para el diseño de los controles	
Controles ingenieriles	
Variable	Magnitud
Dimensiones de las estaciones del cuarto de Teradyne	Largo: 1809 cm Ancho: 629 cm
Cantidad de estaciones de trabajo	6
Dimensiones de las estaciones de re trabajo	Largo: 72 cm Ancho: 100 cm Altura: 90 cm
Dimensiones del área expuesta del tanque de soldadura durante el mantenimiento	Largo: 117 cm Ancho: 67 cm Altura del borde superior de la máquina a donde sale el tanque: 63cm Altura del piso al tanque de soldadura:103 cm
Dimensiones mesa de trabajo de mantenimiento	Largo: 90 cm Ancho: 55.5 cm Altura: 90 cm
Temperatura del área	Aproximadamente 23 grados Celsius.
Velocidad del aire promedio	0,3 m/s
Cantidad de personas que permanecen en el sitio	Aproximadamente seis personas permanecen de forma continua, sin embargo entran y salen

Apéndice 23. Memoria de cálculo para la estimación de MLE, LIC, LSC y gráfico de cajas.

A continuación, se describe el proceso para el cálculo del MLE, LIC y LSC. Estos cálculos son únicamente a modo de representación y no pueden ser utilizados como conclusión de la exposición ya que la cantidad de datos es insuficiente para obtener resultados confiables. Los pasos básicos a seguir son:

1. Realizar prueba de bondad de ajuste para determinar si los datos tienen un comportamiento normal o logarítmico. Una de las pruebas que se puede realizar es la de Shapiro Wilk y se determina que las concentraciones son logs normales si el valor de significancia (p) es mayor a 0,05.
2. Si se determina que los datos siguen una distribución logarítmica se procede a transformar los datos de las concentraciones en logarítmicos aplicando la función LN a las concentraciones en Excel.
3. Calcular el promedio de las concentraciones logarítmicas.
4. Calcular desviación estándar de las concentraciones logarítmicas.
5. Se calculan los valores de  $H_\alpha$  y  $H_{\alpha-1}$  utilizando las tablas estadísticas donde se relaciona el número de muestras con la desviación estándar.
6. Se calcula MLE con la fórmula:  $MLE = \exp \{ (xL) + 0,5 sL^2 \}$
7. Se calcula LIC con la fórmula:

$$LI (\alpha) = \exp \{ xL + 0.5sL^2 + ((sLH (\alpha)) / \sqrt{(n-1)}) \}$$

8. Se calcula LSC con la fórmula:

$$LS (1- \alpha) = \exp \{ xL + 0.5sL^2 + ((sLH (1- \alpha)) / \sqrt{(n-1)}) \}$$

9. Se grafican los valores de MLE, LIC y LSC contra el TLV-TWA en un gráfico de caja y bigotes. Si el límite superior está por encima del TLV-TWA los datos se encuentran en zona de indecisión.

A continuación se ejemplifica el proceso para el cálculo del MLE, LIC y LSC con los datos actuales que se tienen. Importante: Estos cálculos son únicamente a modo de representación y no pueden ser utilizados como conclusión de la exposición ya que la cantidad de datos es insuficiente para obtener resultados confiables.

Cuadro 9-7. Ejemplo de cálculos de MLE, LIC y LSC re trabajo

Grupo de exposición similar: re trabajo						
ID muestra	Cn Plomo (mg/m <sup>3</sup> )	Cn Ln Plomo (mg/m <sup>3</sup> )	MLE	LIC	LSC	TLV Pb corregido
#1	0,00010	-9,210340372	0,0001186	0,17344158	4,60817E-05	0,05 mg/m <sup>3</sup>
#2	0,00017	-8,679712121				
#3	0,00003	-10,41431318				

Promedio Ln (xL)	-9,434788556
Desviación estándar Ln (sL)	0,889
n	3
H 1-α	11,5959
H α	-1,50409

Cuadro 9-8. Ejemplo de cálculos de MLE, LIC y LSC mantenimiento

Grupo de exposición similar: mantenimiento						
ID muestra	Cn Plomo (mg/m <sup>3</sup> )	Cn Ln Plomo (mg/m <sup>3</sup> )	MLE	LIC	LSC	TLV Pb
#1	0,00003	-10,41431318	4,05E-05	7,97882E-05	2,88097E-05	0,05 mg/m <sup>3</sup>
#2	0,00005	-9,903487553				
#3	0,00004	-10,1266311				

Promedio Ln (xL)	-10,14814394
Desviación estándar Ln (sL)	0,256
n	3
H 1-α	3,75084
H α	-1,87452

Graph type: SCATTERPLOT	Re trabajo	Mantenimiento	TLV-TWA 8 horas	TLV-TWA 10 horas
<b>ORIGINAL DATA</b>	0,80	0,50		
beta coefficients	0,0001186	0,0000405	0,00	0,05
lower confidence limit (lower 95th%tile CI)	0,000046182	0,00002881	0,20	0,05
upper confidence limit (upper 95th%tile CI)	0,1734416	0,00007979	0,40	0,05
			0,60	0,05
<b>PLOTTED DATA</b>			0,80	0,05
			1,00	0,05
i.e., these space our each point estimate)			1,20	0,05
beta coefficients	0,00	0,00	1,40	0,05
UPPER ERROR BAR (UPPER CI - BETA)	0,17	0,00		
LOWER ERROR BAR (BETA - LOWER CI)	0,00	0,00		



Figura 9-4. Ejemplo diagrama de cajas y bigotes

Apéndice 24. Guía para el recalcu de la muestra

Cuando se los resultados de la evaluación de exposición se encuentran en zona de indecisión, es necesario realizar un recalcu del número de muestra para poder tener mayor claridad de los resultados. A continuación describe como realizarlo:

- ❖ Se calcula la media o MLE y desviación estándar geométrica con los datos existentes.
- ❖ Se divide el valor de la media geométrica entre el TLV-TWA de la sustancia en cuestión.
- ❖ Utilizando la siguiente tabla se relaciona el valor obtenido en el punto 2 (columna) con la desviación estándar (fila) para obtener la cantidad de muestras. Puede ser necesario interpolar.

<b>Sample size calculations<sup>1</sup> for testing the mean exposure from a lognormal distribution of 8-hr TWAs when <math>\alpha \approx 0.05</math> and <math>\beta \approx 0.10^2</math> based on Land's confidence interval (from Hewett, 1997)</b>				
$\sigma_g$ $\mu c/OEL$	1.5	2.0	3.0	3.5
0.10	4	6	10	15
0.50	7	17	49	90
0.75	23	73	235	435
1.50	9	27	85	170
2.00	4	9	26	51
3.00	3	4	10	18

Figura 9-5. Tabla para el recalcu de la muestra

Fuente: Perkins, 2008

Apéndice 25. Especificación de parámetros de la norma UNE-EN 689:2019+AC

Zona	Parámetros
Conformidad	Los resultados están por debajo del 0,1 TLV-TWA para un conjunto de tres mediciones.
	Los resultados están por debajo del 0,15 TLV-TWA para un conjunto de cuatro mediciones.
	Los resultados están por debajo del 0,2 TLV-TWA para un conjunto de cinco mediciones.
No conformidad	Si al menos uno de los valores supera el TLV-TWA.
No decisión	Si todos los resultados están por debajo del TLV-TWA pero uno está por encima del 0,1 TLV-TWA para un conjunto de tres mediciones.
	Si todos los resultados están por debajo del TLV-TWA pero uno está por encima del 0,15 TLV-TWA para un conjunto de mediciones.
	Si todos los resultados están por debajo del TLV-TWA pero uno está por encima del 0,2 TLV-TWA para un conjunto de cinco mediciones.