

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE SEGURIDAD Y SALUD  
OCUPACIONAL**

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“EVALUACIÓN Y CORRELACIÓN CLÍNICA DE LOS  
NIVELES DE PLUMBEMIA, EN LOS TRABAJADORES  
QUE ELABORAN ACUMULADORES ELÉCTRICOS, PARA  
LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL”**

**Realizado por:**

**FRANCISCO ALEXANDER CEVALLOS CASTRO MD.**

Como requisito para la obtención del título de:

**MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

**Quito, Septiembre 2013**



## **DECLARACIÓN JURAMENTADA**

Yo Francisco Alexander Cevallos Castro, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

.....  
Francisco Alexander Cevallos Castro

Quito, 25 de septiembre de 2013

## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación de fin de carrera, titulado  
**EVALUACIÓN Y CORRELACIÓN CLÍNICA DE LOS NIVELES DE PLUMBEMIA, EN  
LOS TRABAJADORES QUE ELABORAN ACUMULADORES ELÉCTRICOS, PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL**

Realizado por el alumno

**FRANCISCO CEVALLOS CASTRO**

como requisito para la obtención del título de  
**MAGÍSTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

ha sido dirigido por la profesora

**Dra. PAULINA REYES MARTINEZ**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

.....  
Dra. PAULINA REYES MARTINEZ

**Director**

Los profesores informantes

Dra. CARLA CAÑADAS, y

Dr. LUIS GONZÁLEZ

después de revisar el trabajo escrito presentado,  
lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.

.....  
Dra. CARLA CAÑADAS

.....  
Dr. LUIS GONZÁLEZ

Quito, a 25 de Septiembre de 2013

#### Agradecimientos:

A los empresarios que a más de invertir en el país realizando sus sueños, se preocupan en el motor humano de sus empresas los cuales diariamente ponen su granito de arena para transformar materia prima en instrumentos y aparatos que el resto de la humanidad necesitan.

A todos los trabajadores que colaboraron con este estudio, para el bien de ellos y de sus familias, para sentar un precedente en beneficio de un trabajo digno y con seguridades para trabajar.

A la Dra. Paulina Reyes, Dra. Carla Cañadas y Dr. Luis González, quienes con su guía y la oportuna intervención supieron realizar un trabajo tan noble como es la enseñanza.

## Dedicatoria

A mi familia, por su entrega en todo momento de mi vida, mi madre y mis hermanos.

A mi amada esposa, que es mi motor diario.

A todos los trabajadores que día a día luchan por llevar el pan a sus hogares, exponiéndose a los riesgos laborales y también a la gran satisfacción que significa el poder trabajar.

## RESUMEN EJECUTIVO

El ser humano en su continuo andar por el mundo y su incansable saciedad por el conocimiento y sobre todo poder entender y controlar las diferentes fuentes naturales, ha tenido que explorar y usar los recursos que la misma naturaleza le proveen y así salir de la tiniebla y obtener energía reflejada como luz, no obstante en su afán de siempre ir más allá, ha ideado la forma de guardar esa energía para poder ser usada en distintos lugares y en diferentes momentos.

De esta manera llegamos a la obtención de los acumuladores eléctricos o también llamadas baterías, en la actualidad a pesar de que la ciencia avanza a pasos agigantados diariamente, es este instrumento el que provee la energía suficiente para realizar muchas actividades sin tener que estar en un punto fijo.

Para su fabricación es necesario el uso de materiales como el plomo, el cual ha sido utilizado desde las grandes civilizaciones que se asentaron en el mundo y a pesar de ser un metal que puede provocar daño al hombre, éste le ha permitido desarrollar varias herramientas para su beneficio.

En nuestro país también se fabrican acumuladores eléctricos, sin embargo los procesos que se tienen aún son de manufactura, teniendo como resultado un contacto directo con el metal en sus diferentes formas, por tal razón, existe el interés de conocer cuáles son los puntos donde los trabajadores se contaminan más y poder implementar mejoras en beneficio de la empresa y el colaborador.

Los resultados encontrados arrojan que el 46% de la población analizada tiene niveles altos de plomo en sangre, lo que nos da una clara idea que en la mayoría de puestos de trabajo existe contaminación de plomo, sin embargo existen tres casos puntuales que deben ser intervenidos como placas, general y ensamblaje, además se observa una relación directa entre el tiempo laboral y los niveles de plomo lo que hace pensar en una exposición continua y contaminación progresiva.

También se encontró que el sistema que mayormente se afecta es el sistema nervioso con 108 síntomas, pero algo que ha llamado la atención es que a pesar de tener niveles de plumbemia elevados los colaboradores no presentan cuadros típicos de anemia con los cambios hematológicos respectivos, conservando valores de hematocrito de  $48.1\text{mm}^3$  y de hemoglobina de  $16.2\text{ mg/dl}$  en promedio.

Con este estudio se deja como precedente cuales son los puntos a intervenir en la planta y además abre la posibilidad de realizar nuevos estudios para poder entender la problemática de la plumbemia en la población ecuatoriana y que vive en la altura como en Quito, con lo cual se llegará a un entendimiento más profundo de nuestros colaboradores.

## ABSTRACT

The human being in his continuous walking around the world and his tireless need to satisfy for knowledge and especially to understand and control the various natural sources, he had to explorer and use the resources that nature is provided, in this way he came out of the darkness and got energy reflected as light, however in his effort to always go beyond, he has worked out how to keep that energy to be used in different places and at different times.

In this way we obtain electric accumulators or batteries. Even though the science is making great strides every day, is this instrument that provides enough energy to perform many activities without having to be in a fixed point.

For its manufacture is necessary to use materials such as lead, which has been used since the great civilizations that settled in the world and despite being a metal that can cause damage to the man, this has allowed him to develop several tools for his benefit.

In our country are also manufactured electric accumulators, however the processes are still have is manufacturing, taking as a result a direct contact with the metal in its different forms, and for this reason, there is the interest to learn about which are the points where the workers will pollute more and to be able to implement improvements for the benefit of the company and the employee.

The results show that 46% of the population analyzed has high levels of lead in blood, which gives us a clear idea that in the majority of jobs there is lead contamination, however there are three isolated cases that must be operated as plates, general and assembly and, moreover, there is a direct relationship between working time and lead levels that makes a continuous exposure and increasing pollution.

It was also found that the system is that mostly affects is the nervous system with 108 symptoms, but something that has called the attention is that in spite of having elevated blood lead levels the workers do not show typical boxes of anemia with the hematological changes respective, preserving hematocrit values of 48.1mm<sup>3</sup> and hemoglobin level of 16.2 mg/dl in average.

This study is left as precedents which are the points to intervene on the manufacturing plant and also opens the possibility for further studies to understand the problem of lead poisoning in Ecuador's population living in the altitude like of Quito, which will come to a deeper understanding of our employees.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
<b>1.2 PROBLEMA</b>	<b>2</b>
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	2
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1.5 MARCO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
1.5.1 MARCO CONCEPTUAL	7
<b>1.6 DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>9</b>
1.6.1 METODOLOGÍA	9
1.6.2 TÉCNICAS	9
1.6.3 INSTRUMENTOS	10
<b>2. CAPÍTULO II</b>	<b>11</b>
<b>2.1 DESCRIPCION DE LA PLANTA</b>	<b>11</b>
<b>2.2 FLUJOGRAMA DE LA PLANTA POR PROCESO</b>	<b>12</b>
<b>2.3 DESCRIPCION DE LOS PUESTOS DE TRABAJO</b>	<b>13</b>
2.3.1 DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL POR EDADES	18
<b>2.4 NORMAS ESTABLECIDAS PARA INGRESO DEL PERSONAL A LA PLANTA</b>	<b>19</b>
2.4.1 USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	20
2.4.2 PROHIBICIONES EN EL ÁREA DE TRABAJO	21
<b>2.5 NORMAS PARA LA INGESTA DE ALIMENTOS FUERA DE LA PLANTA</b>	<b>21</b>
<b>2.6 NORMAS DESPUES DE LA JORNADA LABORAL</b>	<b>22</b>
<b>3. CAPÍTULO III</b>	<b>23</b>
<b>3.1 QUE ES EL PLOMO</b>	<b>23</b>

3.1.1	TIPOS DE PLOMO QUE SE USAN .....	24
<b>3.2</b>	<b>FORMAS DE CONTAMINACIÓN.....</b>	<b>26</b>
3.2.1	VÍA AÉREA.....	27
3.2.2	VÍA DIGESTIVA.....	27
3.2.3	VÍA DÉRMICA.....	28
<b>3.3</b>	<b>TOXICOCINETICA DEL PLOMO.....</b>	<b>28</b>
3.3.1	ABSORCIÓN .....	28
3.3.2	DISTRIBUCION .....	29
3.3.3	METABOLISMO .....	30
3.3.4	ALMACENAMIENTO .....	30
3.3.5	ELIMINACIÓN .....	30
<b>3.4</b>	<b>EFFECTOS DEL PLOMO EN EL ORGANISMO .....</b>	<b>31</b>
3.4.1	SISTEMA HEMATOPOYETICO .....	31
3.4.2	SISTEMA NERVIOSO .....	32
3.4.3	SISTEMA RENAL.....	34
3.4.4	SISTEMA GASTROINTESTINAL.....	35
3.4.5	OTROS .....	35
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>37</b>
4.1	TÉCNICA PARA LA MEDICIÓN Y OBTENCIÓN DE PLOMO EN SANGRE .....	37
4.2	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	37
4.3	TÉCNICA PARA LA REALIZACIÓN DE LA ENCUESTA CLINICA ....	46
4.4	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	47
4.5	CORRELACIÓN CLINICA-EXPERIMENTAL.....	50
4.6	CONCLUSIONES .....	53
4.7	RECOMENDACIONES .....	54
4.8	ANEXOS.....	56

4.8.1	Anexo 1: Flujograma de Procesos para elaboración de acumuladores por áreas .....	56
4.8.2	Anexo 2: Test para relación clínica de Pb .....	58
<b>4.9</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>59</b>
<b>4.10</b>	<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>61</b>
<b>4.11</b>	<b>CRONOGRAMA .....</b>	<b>62</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.- Normas y Regulaciones para el plomo .....	7
Tabla N° 2.- Composición del lingote del plomo .....	25
Tabla N° 3.- Colaboradores evaluados .....	38
Tabla N° 4.- Promedio de plumbemia.....	38
Tabla N° 5.- Relación Pb vs G. blancos y G. rojos.....	39
Tabla N° 6.- Relación para índices de anemia.....	40
Tabla N° 7.- Correlación Pb, T. Laboral y BH .....	41
Tabla N° 8.- Pb por puesto de trabajo .....	45
Tabla N° 9.- Tiempo laboral vs Plumbemia en los puestos de trabajo .....	45
Tabla N° 10.- Relación Pb vs T. Laboral .....	46
Tabla N° 11.- Tabaco como factor de riesgo .....	47
Tabla N° 12.- Porcentaje de consumo de tabaco.....	48
Tabla N° 13.- Alcohol como factor de riesgo .....	48
Tabla N° 14.- Porcentaje de consumo de alcohol.....	49
Tabla N° 15.- Alteraciones en los diferentes sistemas .....	49
Tabla N° 16.- Relación clínica vs Pb .....	50
Tabla N° 17.- Alteraciones del sistema nervioso .....	51
Tabla N° 18.- Alteraciones del Sistema Gastrointestinal .....	51
Tabla N° 19.- Alteraciones en varios sistemas.....	52
Tabla N° 20.- Alteraciones en Sistema Muscular .....	52

# **1. CAPÍTULO I**

## **1.1 ANTECEDENTES**

El ser humano en su afán de mantenerse activo, se ha visto en la necesidad de crear y desarrollar mecanismos que le permitan no solo usar energía, sino poderla acumular para después ser usada de manera portátil; es así que surge la idea de tener una fuente de energía llamada acumulador eléctrico o batería, con la que el ser humano puede realizar sus actividades sin la necesidad de tener una conexión estática o de pared.

Los acumuladores eléctricos que se van a describir en este estudio son del tipo plomo ácido, es decir utilizan como partes de su estructura placas de plomo y ácido sulfúrico para producir una reacción química de oxidación y reducción y transformar la energía química en energía eléctrica.

Para su fabricación, la materia prima que más se usa es el plomo, en sus diferentes estados, como sólido, líquido y en material particulado para la formación de pasta de plomo. Al ser este elemento muy peligroso y tan comúnmente utilizado en varios de los procesos de manufactura este requiere una evaluación y control.

Desde tiempos históricos se lo ha venido usando para diferentes actividades como pintura, plomería, solda e incluso como parte estructural en casas; es tan común su uso, que hoy en la actualidad se lo sigue utilizando como aislante de barrera para rayos X, vidriado de cerámica, etc. Por todas estas razones el plomo amerita un estudio exhaustivo para manejarlo con seguridad.

Los procesos de la fabricación de baterías o acumuladores eléctricos, son: rejillado, oxidado, empastado, secado y curado de placas, limado, ensobrado, solda de grupo, partes y piezas, perforado de cajas, solda de punto, fabricación de bornes, sellado térmico, carga y acabado, etiquetado y finalmente la entrega a bodega. En la mayoría de estos procesos existe riesgo de contaminación o contacto con plomo, por lo que es importante una valoración del personal dedicado a la fabricación de los mismos.

Se evidencia en los trabajadores que usan y manipulan plomo en casi todos los procesos mencionados, molestias atribuibles a niveles de plomo que posiblemente exceden los valores de la norma aplicada y que pueden alterar la fisiología del ser humano. Es necesario determinar los procesos que presentan mayor riesgo para establecer las medidas de control médicas e higiénicas para su mitigación.

## **1.2 PROBLEMA**

En la fabricación de baterías se utiliza como materia prima el plomo, el cual puede provocar manifestaciones clínicas perjudiciales, relacionadas con los valores de éste metal en sangre de los trabajadores sometidos a estudio.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar los niveles de plomo en sangre de los trabajadores sometidos a estudio y correlacionarlos con las manifestaciones clínicas, para tomar medidas de control necesarias, frente a su exposición.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- a. Determinar los niveles de plomo en sangre de los trabajadores expuestos en todos los procesos que implican la elaboración de acumuladores eléctricos.
- b. Relacionar los niveles de plumbemia con la hemoglobina y el hematocrito para valorar anemia.
- c. Identificar cuáles son las áreas con mayor riesgo de exposición al plomo en los diferentes procesos y sub-procesos en la elaboración de acumuladores eléctricos.

- d. Sugerir medidas de control en sus diferentes procesos y sub-procesos, para mitigar los niveles de concentración en el ambiente y marcadores biológicos en el personal expuesto.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

Para la fabricación de baterías es necesaria la utilización de varios tipos de insumos y materias primas, como el óxido de plomo y plomo puro, que pueden provocar alteraciones en la salud de las personas expuestas a dicho metal en sus diferentes estados físicos y procesos.

Los trabajadores de las industrias de la fundición, refinación y manufactura presentan las exposiciones ocupacionales al plomo más altas y prolongadas. Los trabajadores que se encuentran en mayor riesgo ocupacional de exposición al plomo son los de: plantas de fabricación de baterías, trabajadores de la construcción, especialmente los que realizan remodelación o rehabilitación de edificios, las industrias del plástico y de productos de hule, soldaduras, soldadura de acero/cortes de acero. (1)

Al momento muchos procesos de la elaboración de acumuladores eléctricos incluyen operaciones manuales y requieren supervisión permanente, por lo que es necesario tener un control estricto en cada una de las etapas. Se debe determinar los niveles de concentración o dosis del contaminante en el aire, que en este caso específico será del plomo, para hacer una correlación tanto de marcadores biológicos de exposición como de efecto (manifestaciones clínicas) en beneficio de la salud del personal que se encuentra laborando en las instalaciones de la fábrica.

---

1. Tarragó O., 2005, **La toxicidad del plomo**, Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) Estudios de Caso en Medicina Ambiental (CSEM), [fecha de acceso 07 de Junio de 2012]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/docs/plomo.pdf>

En nuestro país, existen normas y reglamentos para su manipulación poco es en realidad lo que se cumple, así lo detalla el periódico nacional “Opción” en su sección de ciencia, en la cual “Informes del laboratorio de higiene industrial del IESS, establecen que existen aproximadamente más de 500 empresas que utilizaban el plomo y, de los trabajadores que se encontraban expuestos al mismo, más del 50% estaban desprotegidos. En términos generales, se sabe que la contaminación ambiental de los lugares de trabajo en las industrias que utilizan plomo, supera los límites considerados como permitidos”. (2)

Por ser un país en vía de desarrollo, se puede evidenciar la falta de tecnología en la mayoría de empresas y no es diferente en aquellas dedicadas a la fabricación de baterías, registros indican que en 1956 se inicia con la fabricación de acumuladores eléctricos plomo ácido de manera casi artesanal y en la última década debido al fortalecimiento de las leyes, ha habido pequeños cambios que sin ser la solución ha sido válido para sentar un precedente en el cuidado del trabajador. Muy probablemente debido a la globalización, nuestro país podrá mejorar tecnológicamente y automatizar procesos en los cuales los niveles de contaminación sobrepasaban los valores permisibles.

Al descubrirse nueva información sobre la lenta pero alta toxicidad del plomo y sus efectos sobre los diferentes aparatos y sistemas en el ser humano, como: hematológicos, neurológicos, gastro-intestinales, reproductivos y cardio-vasculares (hipertensión), es importante valorar dichos sistemas que podrían jugar un rol muy importante a la hora del diagnóstico y tratamiento de las enfermedades producidas por dicho metal. (3)

Para el área administrativa y en especial para la gerencia es importante conocer los niveles de los contaminantes presentes en el ambiente laboral de la planta, que permitan definir los controles en la fuente de emisión y minimizar el riesgo de exposición de los trabajadores, elaborando así un plan de inversión paulatino para mejorar las condiciones de trabajo.

---

2. Lobato S, 2012, **La contaminación ambiental por el plomo y el daño a la salud humana**, Periódico OPCIÓN de los ecuatorianos por la verdad, [fecha de acceso 29 de Agosto de 2012]. Disponible en: <http://www.nodo50.org/opcion/02/ciencia1.php>

3. Tarragó O., 2005, **La toxicidad del plomo**, Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) Estudios de Caso en Medicina Ambiental (CSEM), [fecha de acceso 07 de Junio de 2012]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/docs/plomo.pdf>



Es de vital importancia la determinación de los niveles de plomo en sangre de cada uno de los colaboradores de la fábrica para desarrollar el programa de vigilancia de la salud de acuerdo al riesgo propuesto y que éste no sea objeto de actividades extra laborales, sino el indicador de la exposición.

Finalmente la realización de este estudio dará las pautas necesarias para tomar acciones correctivas como preventivas, en cumplimiento con las disposiciones y normas vigentes actuales sobre Seguridad y Salud en el Trabajo del país, así como disposiciones internacionales ratificadas por el Ecuador para beneficio del trabajador y el empleador.

## **1.5 MARCO TEÓRICO**

Desde el inicio el plomo ha sido uno de los elementos ligados al desarrollo del ser humano, es así que los egipcios usaban vasijas de plomo para almacenar su vino, pero fueron los griegos los que comenzaron a asociar a este metal con dolores abdominales tipo cólicos, tez pálida y constipación.

La OMS, OPS y la ATSDR, asociando los niveles de plomo a los múltiples efectos toxicológicos que produce el mismo, han ido planteando el retiro de varios componentes que antes se encontraban asociados; como por ejemplo en gasolinas, pinturas, tuberías debido a su fácil contacto con los seres humanos y posterior contaminación.

Hay que recalcar que la intoxicación por plomo en los adultos es una intoxicación crónica, no es muy frecuente encontrar casos de intoxicaciones agudas en los mismos, debido a que la fuente de contacto es la laboral; es decir el adulto promedio recibe dosis diarias de plomo que poco a poco van mermando su salud.

El plomo es tóxico para las enzimas dependientes del zinc, los órganos más sensibles a la toxicidad son el sistema hematopoyético, el sistema nervioso central y el riñón. Interfiere con la síntesis del hem, ya que se une a los grupos sulfhidrilos de las metaloenzimas como son la delta aminolevulínico deshidratasa, coproporfirinógeno oxidasa y la ferroquelatasa, siendo el resultado final, el aumento de las protopofirinas como la zinc-protoporfirina (ZPP) y la anemia. (4)

El escenario donde se va a realizar el siguiente estudio será la planta de producción de acumuladores eléctricos, con las personas que están encargadas de cada uno de los procesos de manufactura, que llevan trabajando como mínimo un mes hasta 10 años o más en este medio.

En la actualidad existen varias regulaciones internacionales que nos guían en la aplicación del uso de los biomarcadores biológicos y ambientales, que se deben cumplir y que serán nuestra base de comparación para el siguiente estudio. Los estudios realizados por la OMS y organismos encaminados al cuidado de la salud, muestran la relación directamente proporcional que existe entre niveles de plomo y daños para la Salud.

Como norma internacional para cuantificar los niveles de plomo usaremos el método de "determinación de plomo en sangre-/espectrofotometría de Absorción Atómica" según lo establecido en MTA/MB-012/A87 que es un método aceptado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) basado en el método 8003 de NIOSH para la determinación de plomo en sangre y redactado según ISO 78/2.

Tal y como se establece en la NTP 526 y el INSHT los valores para límites de exposición de plomo serán de 70ug/ml en sangre y como nivel máximo intermedio de 40ug/dl según OSHA, los cuales serán tomados como marcador biológico de exposición de límite superior, cabe mencionar que varios organismos han establecido otros valores de referencia que para materia de conocimiento, lo mencionaremos a continuación.

---

4. Melinda M. Valdivia I, 2005, **Intoxicación por plomo, Lead poisoning**, Revista Sociedad Peruana Medicina Interna 18 (1) 2005, pagina 24 [fecha de acceso 23 de Septiembre de 2012]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rspmi/v18n1/a05v18n1.pdf>

Agencia	Medio	Nivel	Comentarios
CDC	Sangre	10 µg/dL	Asesoría; nivel para manejo individual
OSHA	Sangre	40 µg/dl 60 µg/dl	Regulación; causa para notificación escrita y examen médico Regulación; causa para la remoción de la fuente de exposición por razones médicas
ACGIH	Sangre	30 µg/dL	Asesoría; indica la exposición en el Valor Umbral Límite (TLV)

Tabla N° 1.- Normas y Regulaciones para el plomo

Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

Tomada de Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSR) Estudios de Caso en Medicina Ambiental

### 1.5.1 MARCO CONCEPTUAL

- Acumulador eléctrico: Se denomina batería, batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente acumulador, al dispositivo que almacena energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos y que posteriormente la devuelve casi en su totalidad.
- Plomo: El plomo es un metal suave, dúctil, de color azul-grisáceo. Se encuentra de manera natural, pero una buena parte de su presencia en el medio ambiente se debe a su uso histórico en pinturas y gasolinas, así como a diversas actividades mineras y comerciales
- Óxido-reducción: Es toda reacción química en la que uno o más pares de electrones se transfieren entre los reactivos, provocando un cambio en sus estados de oxidación.
- Manufactura: (del latín manus, mano, y factura, hechura) es una fase de la producción económica de los bienes. Consiste en la transformación de materias primas en productos manufacturados, productos elaborados o productos terminados para su distribución y consumo.
- Plumbemia: Término que describe la existencia de plomo en sangre y que puede ser cuantificable mediante técnicas específicas.
- Anemia: se define como una concentración baja de hemoglobina en la sangre. Puede acompañarse de otros parámetros alterados, como disminución del número de glóbulos rojos, o disminución del hematocrito, pero no es correcto definirla

como disminución de la cantidad de glóbulos rojos, pues estas células sanguíneas pueden variar considerablemente en tamaño, en ocasiones el número de glóbulos rojos es normal y sin embargo existe anemia.

- Marcador biológico: Sustancia sintetizada por el propio organismo o externa presente en la sangre, en los tejidos o en otros líquidos corporales que se utiliza para diagnosticar una enfermedad.
- Marcador ambiental: Es una sustancia o grupo de sustancias presentes en el aire o ambiente a manera de suspensiones o partículas que pueden ser detectadas y cuantificadas en valores numéricos de concentración.
- Manifestación clínica:
- TLV: Threshold Limit value – Límite Máximo Permisible
- TLV-TWA: Threshold Limit value – Time Weighted Average. (Límite Máximo Permisible – Media Ponderada en el Tiempo )
- TLV-STEL: Threshold Limit Value – Short Term Exposure Limit. ( Límite Máximo Permisible – Límite de Exposición de Corta Duración)
- TLV-C: Threshold Limit Value – Ceiling. (Límite Máximo permisible Techo)
- ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists
- CDC: Centers for Disease Control and Prevention
- OSHA: Occupational Safety and Health Administration
- NTP: norma técnica de prevención
- BEI: Índice Biológico de exposición.
- ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry
- OMS: Organización Mundial de la Salud
- OPS: Organización Panamericana de la Salud

## **5.2- HIPÓTESIS**

Existe una correlación entre la clínica de los colaboradores y los datos de laboratorio de los trabajadores que presentan plumbemia superior al límite de referencia y su relación con los procesos productivos más contaminantes.

Los trabajadores que presentan plumbemia superior al límite de referencia presentan manifestaciones clínicas detectables tempranamente y se correlaciona directamente con la exposición ambiental de su actividad laboral.

## **1.6 DISEÑO METODOLÓGICO**

### **1.6.1 METODOLOGÍA**

El siguiente estudio se llevará a cabo con un método lógico inductivo y un método experimental. Como método lógico se aplicará un cuestionario a cada trabajador involucrado en este estudio, como método experimental se realizará la cuantificación de plomo en sangre usando el método de espectrofotometría de Absorción Atómica el cual es validado por la NIOSH para este tipo de biomarcador de exposición.

La muestra para el estudio será la totalidad del personal que se encuentra en la planta que son 87 personas, considerando al grupo masculino de 19 hasta los 74 años de edad.

### **1.6.2 TÉCNICAS**

Se ha diseñado un formato de anamnesis tipo encuesta para la recolección de datos clínicos, como sintomatología de los colaboradores que presentan al momento de la realización del estudio y dentro del último mes previo a la cuantificación de plomo en sangre.

### **1.6.3 INSTRUMENTOS**

Para la tabulación de los resultados de plomo en sangre, se utilizará la herramienta de Office, Excel para obtener porcentajes y mapas comparativos de las diferentes variables que aportarán los resultados de biometría y Plumbemia, a más de las fichas de encuesta del examen físico, que permitirá comparar los diversos resultados.

## **2. CAPÍTULO II**

### **2.1 DESCRIPCION DE LA PLANTA**

La planta de producción de acumuladores eléctricos cuenta con un área de 8160 m, y una altura de 12 m, con 10 ventiladores en el techo que se encargan del intercambio de aire. Al momento no se cuenta con paredes de aislamiento entre los diversos procesos, pero se mantiene una distribución lógica y subsecuente para que todo el proceso se realice de una manera articulada, mediante líneas de transporte con rodillos. Las áreas de riesgo están claramente identificadas y se advierte el riesgo por procesos.

El área de vestidores se encuentra aislada de la planta para impedir contaminaciones de la ropa de uso general con la ropa de trabajo, se cuenta junto a ella duchas y sanitarios para el aseo personal de los colaboradores; además un área específica para lavado de la ropa de trabajo.

El comedor se encuentra aislado de las dos estructuras anteriores y de fácil acceso para el ingreso de las bandejas que diariamente son traídas por el catering contratado y para el personal que ingresa a servirse los alimentos; cada uno de los colaboradores realiza una fila y retira su bandeja de alimentos.

Finalmente encontramos el área administrativa que si bien es cierto se encuentra separada del área de producción existe comunicación mediante el acceso cerca del área de ventas. Lo que corresponde a ventas y logística se encuentra en la planta baja, y el resto del área administrativa en el segundo piso del edificio.

## **2.2 FLUJOGRAMA DE LA PLANTA POR PROCESO**

El proceso inicia con la llegada de la materia prima que son los lingotes de plomo, los cuales son almacenados en un área específica y llegan en pallets que son movidos mediante un montacargas y según es necesario se los traslada cerca del área de fundición donde se transforman en rejillas. Junto a las máquinas de fundición esta el área de partes y piezas con un crisol donde se fabrican los bornes y las barras para la suelda de punto y de grupo.

Una vez realizadas las rejillas estas son llevadas al área de empastado, en donde se les coloca una mezcla cuya base es el óxido de plomo y se le concede a cada placa una polaridad definida, éste proceso necesita de un subproceso que se lo realiza en la oxidadora donde se saca el plomo particulado el cual se obtiene de los lingotes de plomo puro y éste va a ser la materia prima para del empastado; posterior a esto se las envía al área de secado y curado donde se fija el empastado a la placa. Debido a que todo este proceso es manual hay algunas imperfecciones por lo que es necesario llevar las placas al área de limado, donde se pulen los bordes o imperfecciones residuales del proceso anterior.

Con las placas listas se procede a pasar al área de ensobrado, en el cual se colocan las placas dependiendo de su polaridad en un sobre de aislamiento semipermeable para que solamente puedan difundir a través de sus poros iones los cuales provocan procesos de oxido-reducción y serán los responsables de generar la energía de la batería.

Posterior a esto se coloca las placas alternando su polaridad dentro de las cajas y pasan al área de suelda de grupo donde se unen las placas unas con otras dependiendo de la polaridad. Después pasan a suelda de punto donde se suelda los bornes y quedan listas las baterías para ser selladas, mediante una banda son llevadas las baterías al área de sellado térmico donde se colocan las tapas de las cajas.



Una vez que las cajas están selladas se las transporta al área de suelda de borne donde el borne de la batería es conformado según su polaridad, una vez culminado este proceso las unidades son llevadas al área de carga y acabado donde se las llena con electrolito y se ponen en agua para enfriarlas, con el electrolito ya estabilizado se les coloca las tapas en los compartimentos y se procede a cargarlas por un tiempo determinado y se va evaluando cuando ya tienen los niveles de carga completos para poder pasarlos al proceso final que es el etiquetado y son llevadas para almacenarse en bodega.

En la sección de anexos, en el anexo 1 se puede observar gráficamente los diferentes procesos y subprocesos que son necesarios y se manejan en la planta para la fabricación de los acumuladores eléctricos.

## **2.3 DESCRIPCION DE LOS PUESTOS DE TRABAJO**

Para la fabricación de acumuladores eléctricos se necesita de múltiples procesos que debido a la falta de tecnología es necesario realizarlos manualmente y debido a que no es posible aislar ciertos procesos podemos deducir que el aire circulante en todos los procesos es homogéneo en toda el área de la planta.

La composición del plomo depende de los requerimientos del proceso en donde sea requerido, así tenemos: plomo refinado (99.98%), plomo con aleación del 1.9% de antimonio, plomo-calcio y plomo con aleación del 3.5% de antimonio, estas variedades son utilizadas en el proceso de fabricación de óxido de plomo, rejillas, partes y piezas.

- Fundición y rejillado: este puesto consiste en colocar los lingotes de plomo en grandes hornos que funden a éste metal. El plomo con aleación de 1.9% de antimonio es

fundido en los diferentes crisoles de 2 toneladas que funcionan con GLP para formar las rejillas.

Las emisiones difusas del proceso son canalizadas a través de una campana hacia la atmosfera, los residuos sólidos que se generan son rebaba de plomo, que regresan al crisol. Una vez fundido el plomo en los crisoles mediante una cuchareta se coloca el plomo en estado líquido en moldes que se convertirán en escuadras y en barras que servirán para el proceso de suelda de punto y de grupos.

El crisol opera con combustible diesel, aproximadamente refina de 150 a 200 toneladas mes. Para la refinación de plomo se utiliza agentes purificadores como: el aserrín, sosa caustica y cal, los cuales captan las impurezas formando la ceniza, retirada al final del proceso como residuo.

Para la ejecución de este proceso el operario debe estar todo el tiempo de pie y levantar los lingotes de plomo que pesan 20 kg, acercarse a los hornos o crisoles que bordean una temperatura aproximada de 550 °C.

- Oxidado: Consiste en realizar una mezcla en un tanque cerrado entre el óxido de plomo (polvo), agua desmineralizada y ácido sulfúrico en proporciones específicas.

Producto de la mezcla se generan vapores durante la adición del ácido a la mezcla (óxido de plomo – agua), condensándose en la tapa de la mezcladora. El plomo refinado 99.98%, moldeado en cilindros pequeños es reducido a polvo (formación de óxido de plomo) a través de un molino rotatorio, cuyo polvo es recogido a través de un sistema cerrado de extracción. El sistema de extracción es continuo con sistema de filtrado en serie por dos mangas para la recolección de polvo para evitar la salida de partículas al ambiente, las partículas finas son retenidas y evacuadas periódicamente, el

polvo recuperado es utilizado en la preparación de la pasta. Además las cenizas del crisol son enviadas a la planta de reciclaje.

La revisión de las mangas se realiza diariamente. Cuando existe ruptura de la manga se lava con agua desmineralizada, esta agua se reutiliza en el proceso de preparación de pasta y la manga es entregada al gestor para su reparación o recambio de la misma.

- Empastado: el empastado se realiza mediante el empleo de una máquina empastadora, la cual se encarga de colocar la pasta en las rejillas pero debe ser supervisada permanentemente por un mínimo de dos operarios los cuales verifican constantemente la calidad del empastado y modifican la cantidad de pasta que se impregna en las rejillas. Este proceso requiere que el colaborador se encuentre de pie y con permanente atención al proceso, a más de estar expuesto a leve aumento de temperatura proveniente de la empastadora.
- Secado: Aquí el colaborador coloca en un coche con ruedas la placas ya formadas para llevarlas a un deposito que se mantiene a una temperatura aproximada de 45 a 60 °C, para proceder a dejar las placas por un tiempo aproximado de 36 horas, hasta que se seque la pasta de oxido de plomo, el operario debe realizar labores de levantamiento manual de cargas (levantar varias placas a la vez) y fuerza de empuje para movilizar el coche donde se colocan las placas.
- Limado: en esta área se toman las placas individualmente y se revisa el acabado final, es decir que no queden bordes fuera de los establecidos, pero si este es el caso se procede a limar dichos defectos para poder conseguir la forma deseada. En esta tarea se realiza movimientos repetitivos de pie y exposición a material particulado fruto del limado.

- Ensobrado: este proceso consiste en colocar las placas dentro de sobres o fundas semipermeables y cerrarlas, aquí el colaborador debe realizar movimientos repetitivos y los realiza de pie.
- Corte de cajas: las cajas en las que se colocan las baterías llegan cerradas, por lo que es necesario realizarles un corte en su extremo superior para poder introducir las placas. Este proceso se realiza de pie con una máquina tipo sierra eléctrica que corta las cajas, el proceso de corte se lo realiza manual por lo que hay riesgo de atrapamientos y cortes junto con movimientos repetitivos.
- Ensamblaje: el ensamblaje consiste en colocar los sobres alternando su polaridad dentro de las cajas y en su parte superior se unen las placas unas a otras con puentes de plomo. Para este proceso los colaboradores realizan movimientos repetitivos y empleo de fuerza para alinear las placas en las cajas.
- Suelta de grupo: para poder fijar los enlaces entre las placas se realiza la suelta de grupo mediante la fundición de barras o escuadras de plomo entre las placas.
- Suelta de punto: una vez unidas las placas se les coloca los bornes (un positivo y un negativo) y se los fija soldándolos con plomo para que exista un flujo correcto de energía. Los dos tipos de suelta lo realizan de pie y hacen movimientos repetitivos a más de movimientos de agarre y empuje para alinear las placas en las cajas y unir las unas a otras, cabe recalcar que el uso de la suelta provoca mayor temperatura en ésta área.
- Sellado térmico: en el sellado térmico se coloca nuevamente las tapas a las cajas y mediante el empleo de una prensa se sellan quedando el producto listo para pasar a sus siguientes etapas. En este proceso se realizan movimientos repetitivos, agarre y empuje sobre una banda transportadora a una temperatura mayor que proviene de la máquina selladora.

- Zona de transición: en esta zona es donde se decide si la batería fabricada es llevada para almacenarla o enviada al área de llenado y carga. Los colaboradores realizan movimientos repetitivos, manejo manual de cargas, agarre y empuje del producto.
- Zona de llenado: Consiste en preparar diluciones de ácido sulfúrico a partir de la solución comercial de ácido puro a una concentración (1.83 g/cm<sup>3</sup>) de acuerdo a los requerimientos del proceso a ser utilizado, es decir: 1.4 g/cm<sup>3</sup> (para preparación de pasta) y 1.22 gr/cm<sup>3</sup> (para carga eléctrica).

Este proceso se realiza en la parte alta de la planta con ventilación natural, dispone de 12 tanques de 500lt y 6 tanques de 1200lt de capacidad, este electrolito va a ser colocado en cada vaso de las baterías, los colaboradores realizan este trabajo de pie, en contacto con ácidos y vapores, necesitan precisión en sus movimientos.

- Zona de carga: una vez que las baterías tienen el electrolito se inicia los procesos de oxido-reducción desprendiendo calor por lo que las baterías son llevadas a piscinas de enfriamiento donde se le provee de electricidad iniciando el proceso de carga por aproximadamente 36 horas, se generan emisiones de gases de la evaporación del electrolito, que serán eliminados por un ventilador; aquí los colaboradores deben realizar manejo manual de cargas, movimientos repetitivos, riesgo eléctrico, emanación de gases y quemaduras.
- Zona de lavado: aquí se lavan las baterías para que no quede ningún producto lesivo en la parte externa del acumulador eléctrico que pueda provocar lesiones a los trabajadores ni al cliente final. Se realiza el proceso de pie, manejo manual de cargas, caídas a desnivel y movimientos repetitivos.
- Control de calidad: con las baterías lavadas y listas se realiza el control de calidad final en el cual se realiza mediciones para poder asegurar la satisfacción del cliente y del producto. Aquí existen movimientos repetitivos y alta precisión para el trabajo.

- Etiquetado: este es el paso final, ya que las baterías son secadas limpiadas y se les coloca las etiquetas que les corresponden dependiendo el tipo al que pertenezcan. El trabajo se lo realiza de pie, con manejo manual de cargas, movimientos repetitivos.
- Almacenaje: las baterías listas son almacenadas en pallets los cuales son movidos con montacargas hacia áreas de destino final. La paletización es manual por lo que existe manejo manual de cargas, riesgo mecánico y ergonómico.
- Almacenaje de materia prima: la materia prima para la fabricación de los acumuladores eléctricos como: lingotes de plomo, cajas plásticas, rollos de fundas semipermeables, canecas de ácido sulfúrico, sacos de anti-monio, etc, son descargados de containers de manera manual y otros mediante el uso de montacargas por lo que existe riesgo mecánico, químico y ergonómico.
- Mantenimiento: también se dispone de colaboradores, los cuales realizan el mantenimiento a las diferentes maquinas como las fundidoras, oxidadora, empastadora, sueldas, selladora, estando expuestos permanentemente a los riesgos per se de cada uno de ellas.
- Servicios generales: existe un grupo de colaboradores que se encargan de la limpieza interna del área administrativa, limpieza de baños, vestidores y lavado de ropa de trabajo. En este caso no están obligados a usar equipo de protección personal para sus labores, los riesgos pueden ser ergonómicos y mecánicos.

### **2.3.1 DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL POR EDADES**

Para la distribución de los colaboradores que laboran en la planta no se ha tomado en cuenta la edad, sino más bien las habilidades personales que cada uno tiene para destinarlo a cada proceso, por esta razón el colaborador entra a prueba a varios

procesos y finalmente es colocado en un proceso fijo dependiendo de la mayor destreza demostrada.

## **2.4 NORMAS ESTABLECIDAS PARA INGRESO DEL PERSONAL A LA PLANTA**

Se ha diseñado un estricto reglamento para que los colaboradores se informen sobre los equipos de protección personal y la ropa de trabajo necesarios para el desarrollo de cada proceso.

Se tiene establecido que todos los colaboradores al momento de ingresar deben registrarse en la garita de entrada y pasar directamente al área de vestidores donde colocan su ropa de calle en lockers o casilleros y se cambian por ropa de trabajo, además dependiendo del proceso a desarrollar deberán tener los equipos de protección individual limpios y en condiciones de uso. Todo trabajador deberá contar con botas punta de acero o en su defecto botas de caucho para manipulación de líquidos.

Está además prohibido el ingreso con celulares, equipos de audio, joyas, aretes, pulseras o cualquier otro implemento que pueda causar distracciones o enganches de cualquier índole. El uso de gorras o cobertores de cabello es obligatorio en todas las áreas. No está permitido tener cabello largo o barba.

#### 2.4.1 USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Los equipos de protección personal son asignados individualmente y depende del proceso en el cual se encuentre el colaborador. El uso es estricto y bajo ninguna circunstancia es permitido estar desprovisto de los mismos en el área productiva. Así, tenemos:

- **Mascarillas:** todo el personal que ingrese al área productiva debe tener mascarilla de media cara de hule de 3M 7500 con filtros de 3M 2291 NIOSH P100.
- **Gafas:** en procesos como manipulación de ácidos, electrolito, limado, suelda, fundición, lavado de baterías, corte de cajas, sellado térmico el uso es estricto. El tipo de gafas a usar debe cumplir con la norma CSA Z94.3-2007 y la Norma ANSI Z87.1-2003 de alto impacto.
- **Guantes:** el uso de guantes se realizara en tareas donde exista riesgo de atrapamiento o quemaduras como movilización o manejo de ácidos, manejo de lingotes de plomo, manejo de rejillas, suelda, carga, manejo manual de cargas siempre y cuando no disminuyan la calidad del agarre. Dependiendo el tipo de trabajo que se va a realizar se colocaran diferentes guantes.
- **Zapatos punta de acero o botas plásticas:** para todo el personal que ingrese a la planta deberá usar zapatos con protección de punta de acero o en su defecto si el colaborador maneja líquidos deberá tener botas plásticas aislantes.
- **Trajes especiales:** en tareas como la preparación del electrolito donde se maneja ácidos ó el lavado de baterías, el colaborador deberá contar con un



traje impermeable el cual aíse al trabajador de líquidos que podrían causarle quemaduras.

#### **2.4.2 PROHIBICIONES EN EL ÁREA DE TRABAJO**

Esta totalmente prohibido beber, comer ó fumar dentro de la planta, cabe mencionar que como se estipuló anteriormente, nadie puede retirarse la mascarilla en el área de trabajo, no se permite mascar chicle ni caramelos.

Tampoco es permitido agruparse para conversar, escuchar música o causar cualquier tipo de distracción o indisciplina que pudiese provocar accidentes o incidentes. Todas estas prohibiciones ya se encuentran estipuladas en el reglamento interno de Seguridad y Salud en el Trabajo y están los colaboradores en la obligación de conocerlo y aplicarlo.

### **2.5 NORMAS PARA LA INGESTA DE ALIMENTOS FUERA DE LA PLANTA**

Como medida para evitar contaminaciones por vía oral, se establece que los colaboradores deberán salir del área productiva y dirigirse a los vestidores donde deberán guardar los equipos de protección personal y posterior a esto, ir al lavamanos que se encuentran fuera de dicha área para lavarse manos, antebrazos y cara, el secado se realizará con papel desechable.

Queda prohibido ingresar con equipos de protección personal al comedor o sin haber cumplido el procedimiento de higiene anteriormente mencionado. El ingreso se realiza por grupos designados por el supervisor de la planta. Cada empleado retira la bandeja de comida y se sienta indistintamente en el comedor. Tampoco está permitido el ingreso de comida externa a la proporcionada por el servicio de catering contratado.

## **2.6 NORMAS DESPUES DE LA JORNADA LABORAL**

Al igual como existen normas de ingreso, las normas para la salida del personal son estrictas y evaluadas permanentemente. Es por eso que todo colaborador finalizada su jornada laboral, deberá dirigirse a los vestidores y guardar el equipo de protección personal en su lockers o casillero, la ropa de trabajo deberá ser depositada en tachos designados para la misma y proceder a las duchas para ducharse completamente, al terminar deberán nuevamente usar la ropa de calle para salir a la garita a registrar su salida.

### 3. CAPÍTULO III

#### 3.1 QUE ES EL PLOMO

El plomo existe en la naturaleza en dos formas, como orgánico e inorgánico, según su hoja de seguridad MSDS, el plomo inorgánico es físicamente un metal de color blanco a gris azulado, maleable, insoluble en el agua, cuya apariencia es de gránulos o trocitos metálicos pequeños que fundido se lo almacena como lingotes, sin olor, su densidad es de 11340kg/m<sup>3</sup>; su punto de ebullición es de 1740 °C (3164F) y el de fusión es de 327.5 °C (622F) (5).

Hay evidencia que éste metal ya era conocido en Asia Menor oriental allá por el año 4000 AC. Egipcios y hebreos usaron el plomo y los fenicios trabajaron minas de plomo en España 2000 AC. Hipócrates de Cos (370 AC) fue el primero en describir síntomas en trabajadores con plomo. Nicanor, en el s. II AC, relacionó directamente estreñimiento, cólico, palidez, parálisis y perturbaciones de la visión con la exposición al plomo. Plinio el viejo y Paracelso describen el envenenamiento por plomo en los constructores de naves. Dieciséis siglos después, Bernardo Ramazzini, en 1713, describe temblor y parálisis en las manos en alfareros que usan plomo para el glaseado.

El primer autor moderno que describió este envenenamiento fue Tanquerel des Planches en un estudio publicado en 1839, basado en 1200 casos de intoxicación por plomo, tan completo que hasta hoy es muy poco lo que se ha agregado a la descripción de síntomas y signos por esta intoxicación. Laennec, en 1831, Andral y Gavarret, en 1840, llaman la atención sobre la anemia causada por el plomo. Garrod, en 1892, fue el primero en informar del aumento porfirinas en la orina; y Behrend, en 1899, observó el punteado basófilo en los hematíes. (6, 7)

---

5. Quanta fine chemical, **MSDS PLOMO**, Disponible en:

[http://www.quanta.com.mx/catalogo/HDSM/Puros/plomo\\_metal.htm](http://www.quanta.com.mx/catalogo/HDSM/Puros/plomo_metal.htm)

6. Zenz C, 1988, **Principles and practical applications**, Ed. Occupational medicine, 2nd Ed. Chicago: Mosby.

7. Hunter D., 1969, **The Disease of Occupations**. 4th Ed. Aulesbury: English Universities Press by Hazell Watson & Viney.

El plomo es extraído de la corteza terrestre para posteriormente ser procesado, refinado o en su defecto se le añade nuevas aleaciones que van a depender finalmente del uso que este metal va a tener, por este motivo el plomo es enviado bajo pedido específico de quienes van a realizar el proceso de manufactura.

El metal se produce primariamente por fundición del mineral. Los principales yacimientos de éste están en Australia, Canadá, Estados Unidos, y Unión Soviética. La producción mundial minera es de aproximadamente 3.300.000 ton/año; en América Latina se produce el 14% de este total, siendo los más importantes productores Perú (212.600 ton/año) y México (184.261 ton/año). La tendencia al incremento en la producción y el consumo de plomo en América Latina ha aumentado el riesgo de exposición y de daños en la salud de la población. (8)

### **3.1.1 TIPOS DE PLOMO QUE SE USAN**

Debido a los múltiples procesos que conllevan la realización de un acumulador eléctrico, pero teniendo presente que el plomo es el elemento de base, se lo ha debido refinar, para tener una pureza indispensable o en su defecto añadirle otros elementos para mejorar su rendimiento para una estructura específica, es así, que se utilizan 5 compuestos diferentes:

- plomo refinado
- plomo antimonio al 1.9%

---

8. Corey G.,Galvao L, 1989, “**Plomo**”, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. O.P.S./O.M.S. Serie Vigilancia 8. Metepec. México.

- plomo calcio
- plomo antimonio al 3.5%
- óxido de plomo

Posterior al proceso de refinación del plomo, éste no alcanza una pureza total, mantiene varios metales más, el plomo que nosotros obtenemos con el refinado es de 99.98 de pureza, y el resto de porcentaje es de varios residuos metálicos tal como se detalla en la siguiente tabla.

Elemento	Símbolo	Composición
Antimonio	Sb	0.001 (max)
Arsénico	As	0.001 (max)
Estaño	Sn	0.001 (max)
Cobre	Cu	0.001 (max)
Bismuto	Bi	0.025 (max)
Hierro	Fe	0.001 (max)
Níquel	Ni	0.001 (max)
Plata	Ag	0.003 (max)
Zinc	Zn	0.001 (max)
Calcio	Ca	0.0005 (max)
Sulfuro	S	0.0005 (max)
Aluminio	Al	0.0005 (max)
Selenio	Se	0.0005 (max)
Cadmio	Cd	0.0005 (max)
Tellurium	Te	0.0010 (max)
Plomo	Pb	99.970 (min)

Tabla N° 2.- Composición del lingote del plomo  
 Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos  
 Tomada de: <http://sp.gravitaindia.com/refinedlead.html>

## 3.2 FORMAS DE CONTAMINACIÓN

Las formas de contaminación biológica en el aspecto laboral con plomo, están muy bien determinadas, partiendo que el plomo inorgánico que se usa en la elaboración de acumuladores eléctricos es el objeto de estudio y es el que más frecuentemente provoca contaminación laboral en las diferentes industrias.

En América Latina existen estudios que encuentran concentraciones elevadas de plomo en sangre de trabajadores expuestos.

En Argentina se encontraron valores de 74.4 microgramos/dl en obreros de fábricas de baterías y de 92.4 microgramos/dl en trabajadores de una fundición de plomo. (8)

En Colombia, se hizo un estudio detallado de 90 trabajadores en una fábrica de baterías, de los cuales 51 tenían concentraciones de plomo en sangre de 60 o más microgramos/dl. (8)

En Brasil, en las décadas de los años 1940 y 1950 se publicaron estudios de casos típicos de intoxicación en trabajadores gráficos y de fundiciones de plomo. (8)

El CIAT (Perú) desarrolló una metodología propia con la cual estudió 935 centros de trabajo con 30.729 obreros, encontrando que 12.102 de éstos (39%) estaban expuestos al plomo. (8)

En Venezuela, la intoxicación por plomo es la tercera causa de morbilidad laboral. (9)

Podemos decir que la vía aérea o respiratoria es la más frecuente vía de acceso de éste metal, seguida de la vía digestiva y dejando la vía dérmica para el plomo orgánico; sin

---

8. Corey G., Galvao L., 1989, **“Plomo”**, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. O.P.S./O.M.S. Serie Vigilancia 8. Metepec. México.

9. Martínez Ma. Del C.; Sosa, G., 1994, **“Intoxicación por plomo”**. En revista Salud de los Trabajadores. 2 (2):159-162. Maracay. Venezuela.

embargo al existir una alteración en la barrera dérmica como cortes o lesiones expuestas es posible que se absorban las partículas de plomo a través de las mismas, sin ser necesario que se trate de plomo orgánico.

### **3.2.1 VÍA AÉREA**

Es la principal vía por la que ingresa el plomo al cuerpo, debido a que es fácilmente inspirado por las fosas nasales a manera de vapores, humos ó partículas de plomo; atraviesa la vía respiratoria superior, hasta llegar a los bronquios donde el área de absorción es sumamente grande teniendo así una superficie de aproximadamente 75 metros cuadrados a nivel alveolar.

### **3.2.2 VÍA DIGESTIVA**

Es la segunda vía en orden de importancia debido a deficientes normas de higiene, el plomo a manera de partículas se acumula en manos, antebrazos, cabeza, rostro ó barba cayendo sobre los alimentos y son ingeridos; también ingresa al cuerpo al masticar chicle, comer ó fumar en áreas previamente contaminadas.

### **3.2.3 VÍA DÉRMICA**

Al ser la vía dérmica una barrera biológica del organismo, ésta no permite el paso de plomo inorgánico, pero si deja pasar al plomo orgánico. Teniendo éste precepto, se debería descartar esta vía en el estudio actual, pero se lo ha tomado en cuenta debido a la gran facilidad que tiene el plomo inorgánico de absorberse por heridas presentes en la piel.

## **3.3 TOXICOCINETICA DEL PLOMO**

Conocer la toxicocinética que tiene el plomo nos permite entender con facilidad la alta biodisponibilidad que alcanza en todo el cuerpo y su posterior almacenamiento.

### **3.3.1 ABSORCIÓN**

Debido a la gran superficie que presentan los alveolos pulmonares la absorción del plomo por esta vía es de aproximadamente el 90% y mediante procesos de difusión y transporte activo se produce el paso hacia los capilares alveolares donde se liga fuertemente con la membrana celular de los eritrocitos, teniendo un porcentaje de ligación muy alto.



La deficiencia de hierro, calcio, así como el incremento de la ingesta de magnesio, fosfato, alcohol y grasa se han asociado a un incremento de la absorción gastrointestinal del plomo. (10)

Aunque se piense que una vez digeridas las partículas de plomo éstas son absorbidas directamente en el tracto intestinal no es así, ya que dichas partículas debido a su tamaño y al no tener un ligando específico en las vellosidades intestinales éste metal solamente se absorbe en el adulto un 10%, teniendo factores que favorecen la absorción, como por ejemplo la vacuidad estomacal que aumentan su tasa de absorción.

Por la vía dérmica, a través de heridas, no existe una relación clara, ya que depende de la profundidad de la lesión, la longitud y el lugar donde ésta se encuentra, sin embargo es importante conocerla para poder controlar el ingreso de plomo por esta barrera natural.

### **3.3.2 DISTRIBUCION**

Una vez que el plomo ha ingresado al organismo, éste se liga fuertemente con la membrana celular del eritrocito en un porcentaje del 95 al 99%, por lo que rápidamente es transportado a todos los órganos, aparatos y sistemas, también se lo puede encontrar circulando de manera libre en el torrente sanguíneo. Otro de los compartimentos donde se distribuye y permanece circulando con mayor tiempo es en los riñones, hígado y cerebro en 1 a 5%.

---

10. Patrick L., 2006, “**Lead toxicity, a review of the literature**”. Part I: exposure, evaluation, and treatment. Altern Med Rev. 2006; 11(1):2-22. Disponible en: <http://www.thorne.com/altmedrev/fulltext/11/1/2.pdf>

### **3.3.3 METABOLISMO**

El plomo no tiene metabolismo en el cuerpo humano, debido a que es un metal, éste no sufre procesos de anabolismo ni catabolismo, por lo que se mantiene en su forma original durante toda su estancia en el ser humano, sin embargo si se adhiere a ciertas enzimas mimetizando al calcio o interfiere ciertos procesos lo cual provoca daños irreversibles como en la conformación de los grupos hem de la hemoglobina.

### **3.3.4 ALMACENAMIENTO**

Debido a la gran distribución en el organismo que tiene el plomo, éste metal es capaz de llegar a todas las estructuras del cuerpo y tiene gran afección por el tejido óseo, que es el lugar predilecto para su depósito, se ha establecido que en el hueso se almacena el 90% de todo el plomo.

### **3.3.5 ELIMINACIÓN**

La eliminación se realiza básicamente por dos vías que son la renal y a través de la bilis en las heces fecales, sin ningún cambio conformacional en su estructura interna. Para su eliminación es importante el correcto funcionamiento del sistema renal, debido a que por ésta vía se excreta la mayor cantidad de plomo.

### **3.4 EFECTOS DEL PLOMO EN EL ORGANISMO**

Por ser un metal muy importante en el desarrollo de los pueblos, éste fue muy bien conocido y rápidamente se le empezó a asociar con la sintomatología clásica que presentaban las personas frente a su exposición. Hoy en día se han identificado los órganos blanco sobre los cuales actúa causando alteraciones en unos casos reversibles y en otros casos más serios en irreversibles, en términos generales podemos decir que:

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar parece ser que el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas: (11)

- a) Reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.
  - b) Activa la proteinquinasa C, una enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.
  - c) Se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio, ésta es una proteína reguladora importante.
  - d) Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio intracelular.
- Finalmente esta alteración a nivel del calcio traería consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. (11)

#### **3.4.1 SISTEMA HEMATOPOYETICO**

Este sistema es uno de los mejores estudiados debido a su fragilidad que presenta frente al plomo.

---

11. Shannon M. 1998, «Lead» en Haddad, Shanon y Winchester editores: Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose. WB Saunders, 3ra edición.

Específicamente, el plomo disminuye la biosíntesis del grupo hem al inhibir la deshidratasa del ácido D-aminolevulínico (ALAD) y la actividad de la ferroquelatasa. La ferroquelatasa, encargada de catalizar la inserción del hierro en la protoporfirina IX, es muy sensible al plomo. Una disminución en la actividad de esta enzima provoca un aumento del sustrato, la protoporfirina eritrocitaria (EP) en los glóbulos rojos (también puede encontrarse en la forma ZPP—unida al zinc en lugar de al hierro). Un aumento en el ácido D-aminolevulínico (ALA) en plasma y en sangre, así como un aumento en las protoporfirinas eritrocitarias libres (FEP) son eventos asociados a la exposición al plomo. (3)

La anemia que provoca el plomo, básicamente es de dos tipos que comparten como característica común poseer glóbulos rojos con punteado basófilo.

La exposición aguda a niveles altos de plomo está asociada a la anemia hemolítica. La anemia franca no es una manifestación temprana de la exposición al plomo y se hace evidente solo cuando los niveles de plomo en sangre se elevan por periodos prolongados. La exposición crónica al plomo induce la anemia al interferir con la biosíntesis del grupo hem y al disminuir la supervivencia de los glóbulos rojos. La anemia asociada al envenenamiento por plomo es hipocrómica, y normo o microcítica con reticulocitosis asociada. (3)

### 3.4.2 SISTEMA NERVIOSO

Otro de los sistemas muy bien estudiados es el sistema nervioso, cuando los niveles de plomo exceden la norma. La explicación de por qué falla este sistema es de igual manera molecular, ya que como se mencionó en párrafos anteriores el plomo interfiere

---

3. Tarragó O., 2005, **La toxicidad del plomo**, Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) Estudios de Caso en Medicina Ambiental (CSEM), [fecha de acceso 07 de Junio de 2012]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/docs/plomo.pdf>

con varios pasos del metabolismo, en especial con la función del calcio, recordando que éste a nivel del sistema nervioso funciona como mediador de activación neural o incluso como neurotransmisor directamente.

El plomo se acumula en el espacio endoneural de los nervios periféricos causando edema, aumento de la presión en dicho espacio y finalmente daño axonal. (4)

Debido a que las manifestaciones clínicas que presentan los pacientes con plumbemia sobre el sistema nervioso central y periférico en el ámbito laboral y las repercusiones y diagnósticos errados con sus consecuentes tratamiento mal dirigidos son un problema tanto en el colaborador como en el médico, es de importancia tener un registro de la exposición laboral previa, ya que los signos y síntomas nos podría llevar a diagnósticos como: síndromes ansiosos depresivos, esquizofrenia, corea mayor y menor, Parkinson, encefalopatías idiopáticas, entre muchas otras.

“Se han informado «efectos neurológicos y conductuales» menos severos en trabajadores expuestos al plomo que presentan niveles de plomo en sangre de entre 40 y 120 µg/dL. (ATSDR 2005). Estos efectos incluyen:

- Disminución de la libido.
- Depresión/cambios de estado de ánimo, dolor de cabeza.
- Disminución del desempeño cognitivo.
- Disminución en la destreza de las manos.

---

4. Melinda M. Valdivia I, 2005, **Intoxicación por plomo, Lead poisoning**, Revista Sociedad Peruana Medicina Interna 18 (1) 2005, pagina 24 [fecha de acceso 23 de Septiembre de 2012]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rspmi/v18n1/a05v18n1.pdf>

- Disminución en los tiempos de reacción.
- Disminución en el desempeño visual motor.
- Mareos.
- Fatiga.
- Tendencia a olvidar cosas.
- Problemas de concentración.
- Impotencia.
- Nerviosismo creciente.
- Irritabilidad.
- Letargo.
- Malestar.
- Parestesias.
- Reducción en los valores del coeficiente intelectual.
- Debilidad.

Existe también evidencia de que la exposición al plomo puede afectar el balance postural de los adultos y la función de los nervios periféricos (ATSDR 1997a, b; Arnvig *et ál.* 1980; Haenninen *et ál.* 1978; Hogstedt *et ál.* 1983; Mantere *et ál.* 1982; Valciukas *et ál.* 1978 citados en ATSDR 1999).

Los trabajadores que han estado expuestos de una manera crónica a altos niveles de plomo pueden presentar los signos clásicos de envenenamiento por plomo, como una más lenta conducción nerviosa y una debilidad en el músculo extensor del antebrazo (muñeca caída).” (3)

### 3.4.3 SISTEMA RENAL

La principal vía de eliminación del plomo es la renal provocando alteraciones tanto funcionales como estructurales en el parénquima renal, cabe acotar que a más del daño in situ que se provoca existe un daño reflejo que se manifiesta con hipertensión arterial que si no se realiza un abordaje minucioso del ambiente laboral es catalogada como idiopática pero que en realidad es secundaria a plumbemia.

---

3. Tarragó O., 2005, **La toxicidad del plomo**, Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) Estudios de Caso en Medicina Ambiental (CSEM), [fecha de acceso 07 de Junio de 2012]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/docs/plomo.pdf>

“Una exposición aguda a altas dosis de plomo puede causar un daño de la función del túbulo contorneado proximal, lo cual se manifiesta en aminoaciduria, glucosuria e hiperfosfaturia (un síndrome parecido al de Fanconi). Estos efectos aparentemente son reversibles (ATSDR 1999). No obstante, las exposiciones continuas o repetitivas al plomo pueden provocar una tensión tóxica en el riñón. Si esta situación no se corrige, se puede desarrollar una nefropatía asociada al plomo, comúnmente crónica e irreversible (p. ej., nefritis intersticial crónica).” (3)

#### **3.4.4 SISTEMA GASTROINTESTINAL**

Muchas de las manifestaciones clínicas de los trabajadores expuestos a plomo son los problemas gastrointestinales, que al igual que los anteriores sistemas requieren ser analizados con un buen interrogatorio y un examen clínico a profundidad para no confundir con otras patologías, además que en nuestro país los problemas gastrointestinales son una problemática poblacional muy común.

Entre las manifestaciones clínicas clásicas tenemos el dolor abdominal sordo no definido que puede llegar a ser de tipo cólico, también llamado como cólico saturnino, además suele acompañarse de dispepsia, diarreas, estreñimientos que suelen ser más comunes y sensación amarga en la boca o saliva.

#### **3.4.5 OTROS**

Muchos otros sistemas y estructuras se encuentran alteradas cuando existe plumbemia que supera los niveles de referencia establecidos por organismos internacionales, tales

---

3. Tarragó O., 2005, **La toxicidad del plomo**, Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) Estudios de Caso en Medicina Ambiental (CSEM), [fecha de acceso 07 de Junio de 2012]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/docs/plomo.pdf>

como “pérdida de la libido, esterilidad en varones, trastornos menstruales y abortos, aparición de una línea azul gris de pigmentación en las encías (ribete saturnino o de Burton); se destaca además que el plomo atraviesa la placenta” (12)

---

12. Dr. Danza F., “**Contaminación por Plomo**”, Informe elaborado por la Comisión de Salud Ocupacional Sindicato Médico del Uruguay. [fecha de acceso 07 de Junio de 2012]. Disponible en: <http://www.smu.org.uy/sindicales/resoluciones/informes/plomo.pdf>.



## **4. CAPÍTULO IV**

### **4.1 TÉCNICA PARA LA MEDICIÓN Y OBTENCIÓN DE PLOMO EN SANGRE**

Por ser éste punto muy importante en el presente estudio, se decidió solicitar al laboratorio que iba a realizar la toma de muestras y procesamiento de las mismas que posean las certificaciones ISO 9000 al día y que utilicen la metodología internacional recomendada por el INSHT mediante la cuantificación por espectrofotometría atómica; esta información se verificó y se procedió a tomar las muestras en la mañana cuando los colaboradores recién llegaban de sus hogares, al quinto día de trabajo en la semana.

### **4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Se evaluó el total de la población expuesta que corresponde a 87 colaboradores encargados de la fabricación de acumuladores eléctricos, obteniendo los siguientes resultados de plomo en sangre: 47 (54%) personas con niveles entre 5,40 y 38,6 mg/dl, que estarían en niveles tolerables; 36 (41.4%) personas con niveles entre 42.80 y 63.70 mg/dl, que requieren retiro de su puesto de trabajo y tomar acciones en el mismo; y, finalmente tenemos a 4 (4.6%) personas que se encuentran con los niveles más altos de plumbemia que van entre 76.3 y 79.5 mg/dl que requieren retiro permanente de su puesto de trabajo y terapia específica.

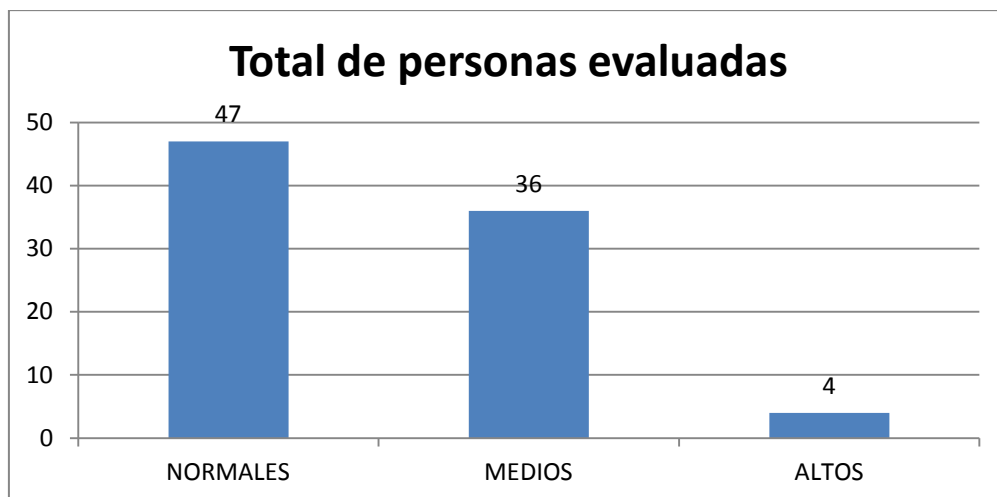


Tabla N° 3.- Colaboradores evaluados  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

Como se observa en el gráfico anterior, se ubicó al personal sometido a evaluación en tres grupos dependiendo de los niveles de plomo en sangre detectados, además se realizó un promedio en cada grupo encontrando para el conjunto llamado normales o con nivel de tolerancia aceptable 29.02mg/dl, para los medios 51.94mg/dl; y finalmente para el grupo de altos el promedio de plumbemia fue de 77.38mg/dl.

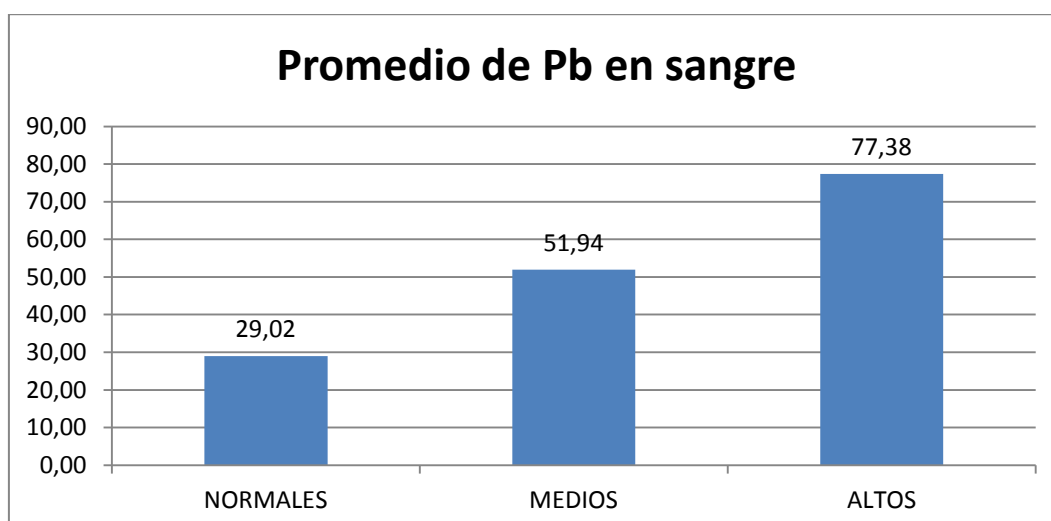


Tabla N° 4.-Promedio de plumbemia  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

Para responder otro de los objetivos, se relacionó la variable niveles de plomo con los diferentes componentes de la biometría hemática, observando: en el grupo de niveles tolerables de plumbemia los valores de hemoglobina se encontraron entre 14.9 y 18.6mg/dl teniendo una media de 16.6mg/dl para este grupo, y los niveles de glóbulos blancos fue de 3.8 hasta 9000mm<sup>3</sup> con un promedio de 6000mm<sup>3</sup>, adicional se obtuvo que el promedio de tiempo de trabajo o exposición fue de 3 meses hasta 14.3 años con una media de 3.7 años; para el siguiente grupo los niveles de hemoglobina fueron de 13.8 hasta 18.7mg/dl con una media de 16.9mg/dl, los glóbulos blancos se encontraron entre 3000 y 10200mm<sup>3</sup> con un promedio entre 6500mm<sup>3</sup> y el tiempo laboral fue entre 3 meses y 14.3 años con una media de 4.5 años; y para el grupo de mayores niveles de plomo, la hemoglobina se encontró entre 12 y 17 mg/dl con una media de 15.5mg/dl y con glóbulos blancos fluctuantes entre 4300 y los 7000mm<sup>3</sup> con un promedio de 5200mm<sup>3</sup> y un tiempo de exposición que va desde los 2.2 años hasta los 12.4 años con una media de 7.2 años.

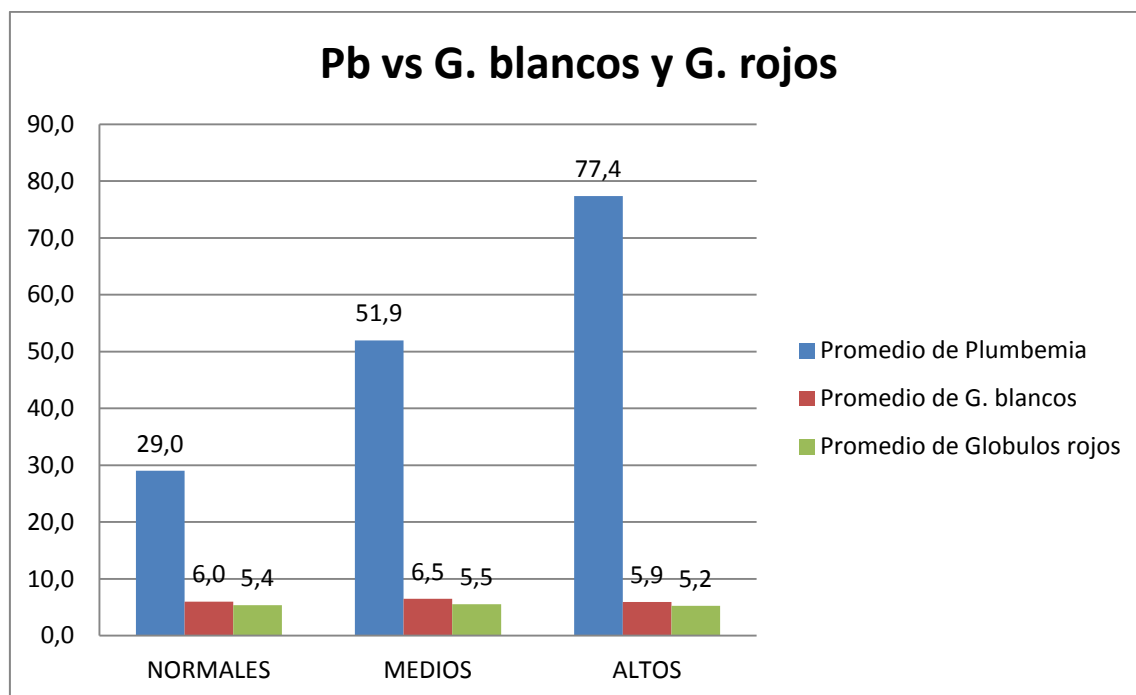


Tabla N° 5.- Relación Pb vs G. blancos y G. rojos  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

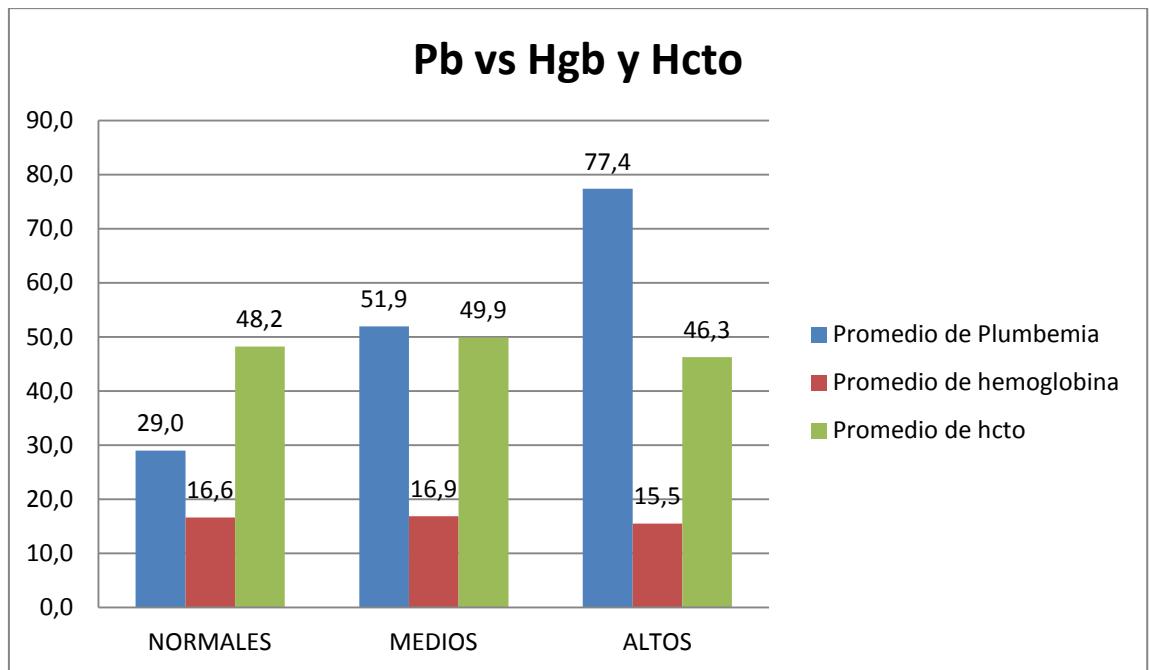


Tabla N° 6.- Relación para índices de anemia  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

Además se hizo una asociación entre el tiempo laboral, niveles de glóbulos blancos, glóbulos rojos, hematocrito y hemoglobina en cada grupo que fue determinado dependiendo de los niveles de plumbemia, así tenemos el siguiente cuadro.

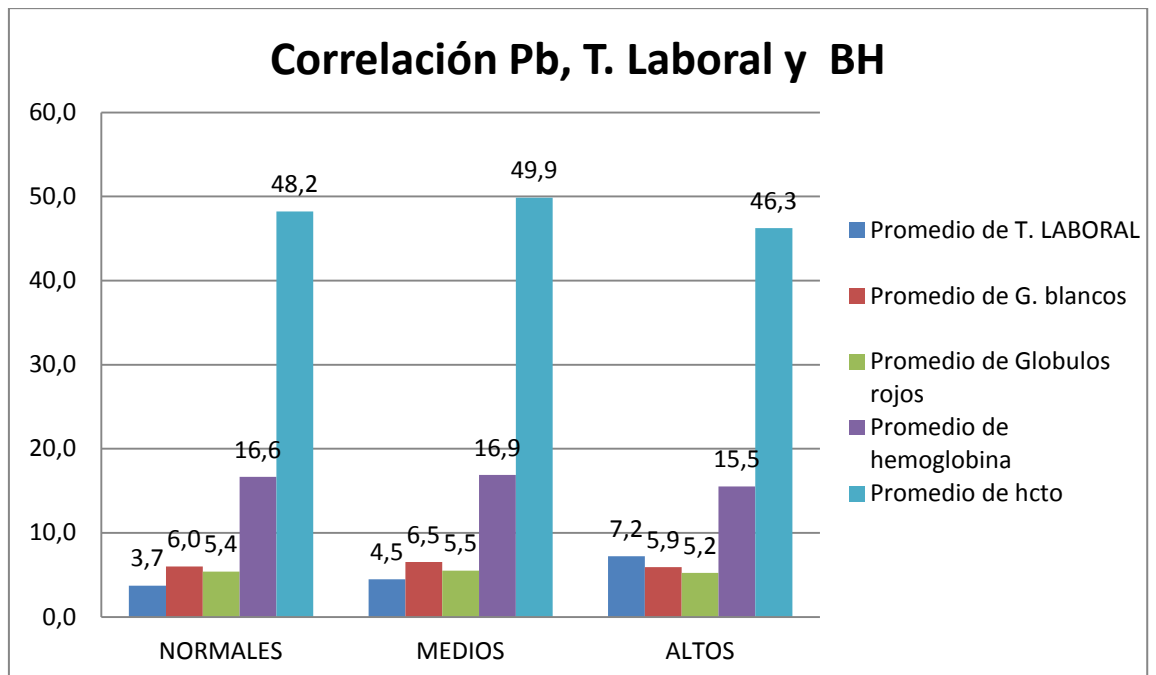


Tabla N° 7.- Correlación Pb, T. Laboral y BH  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

Otra variable que se relacionó fue el área o puesto de trabajo, para lo cual se agrupó a los colaboradores en varios segmentos que se detallan a continuación:

- General
  - Mantenimiento
  - Bodega
  - Supervisión de la planta
  - Limpieza de planta
- Rejilladora
  - Fundición
  - Partes y piezas
- Oxidadora
  - Empastado

- Secado y curado de placas
- Placas
  - Limado
- Ensamblaje
  - Ensobrado
  - Suelta de punto y de grupo
  - Corte de cajas
  - Sellado térmico
- Carga y acabado
  - Llenado con electrolito
  - Carga
  - Enfriado y lavado
- Etiquetado
- Logística
- Ventas
  - Instalación y servicio técnico

Una vez agrupados los colaboradores, los resultados para las diferentes áreas son:

- **General:** el promedio de plumbemia es de 41.8mg/dl, se encuentran trabajando 26 personas que corresponde al 29.89% del total, de los cuales 14 personas están en niveles normales de plomo 16.09% con un tiempo laboral promedio de 4.1 años, hemoglobina 16.6 mg/dl, glóbulos blancos 5.6mm<sup>3</sup>; 10 personas con niveles medios de plomo 11.49% con un tiempo laboral 4.4 años, hemoglobina 17.1mg/dl,

glóbulos blancos  $7.1\text{mm}^3$ ; y, 2 colaboradores en niveles altos de plumbemia que son el 2.30% de la totalidad con tiempo laboral promedio 7.9 años, hemoglobina  $14.3\text{mg/dl}$ , glóbulos blancos  $5.1\text{mm}^3$ .

- **Rejillado:** la media de plomo en esta área es de  $30\text{mg/dl}$ , tenemos a 7 personas en esta área que corresponde al 8.05% del total, siendo 6 personas en niveles normales 6.90% con un tiempo laboral de 3.4 años, hemoglobina  $17\text{mg/dl}$ , glóbulos blancos  $5.9\text{mm}^3$ ; y, una persona 1.15% en nivel medio de plumbemia y un tiempo laboral de 3.9 años, hemoglobina  $19\text{mg/dl}$ , glóbulos blancos  $6.7\text{mm}^3$ .
- **Oxidadora:** nivel medio de plomo de  $32.5\text{mg/dl}$ , existen 4 personas encargadas de esta área 4.60% de las cuales 3 se encuentran en niveles normales de plomo 3.45% con tiempo laboral de 4 meses, hemoglobina  $16.5\text{mg/dl}$ , glóbulos blancos  $6.1\text{mm}^3$ ; en niveles medios tenemos una persona 1.15% con tiempo laboral de 1.3 años, hemoglobina de  $15\text{mg/dl}$  y glóbulos blancos de  $5.6\text{mm}^3$ .
- **Placas:** para este puesto de trabajo el promedio de plomo en sangre es de  $48.9\text{mg/dl}$ , en este puesto de trabajo están 15 personas que son el 17.24% del total, de las cuales 5 están en niveles normales de plomo 5.75% con tiempo laboral de 1.2 años, hemoglobina  $17\text{mg/dl}$ , glóbulos blancos  $6.6\text{mm}^3$ ; en niveles medios tenemos a 8 personas 9.20% de todos los trabajadores, tiempo laboral de 3.2 años, hemoglobina  $16.6\text{mg/dl}$ , glóbulos blancos  $6.6\text{mm}^3$ ; y finalmente, tenemos 2 personas en niveles altos de plomo en sangre que son el 2.30% con tiempo laboral de 6.6 años, hemoglobina  $16.8\text{mg/dl}$ , glóbulos blancos  $5.6\text{mm}^3$ .

- **Ensamblaje:** el promedio de plumbemia es de 41.5mg/dl, aquí se encuentran 23 personas 26.44% de la población en estudio, de los cuales 12 colaboradores 13.79% están en niveles normales de plomo, tiempo laboral de 3.6 años, hemoglobina 16.6mg/dl, glóbulos blancos 6.2mm<sup>3</sup>; y, las 11 restantes personas 12.64% con tiempo laboral de 5.5 años se encuentran en niveles medios de plomo, hemoglobina 16.7mg/dl, glóbulos blancos 6.2mm<sup>3</sup>.
  
- **Carga y Acabado:** el nivel medio de plomo es de 35.8mg/dl, en esta área están 9 personas que corresponde a 10.34%, de los cuales 5 colaboradores están en niveles normales 5.75% con tiempo laboral de 5.8 años, hemoglobina 16.4mg/dl, glóbulos blancos 6.2mm<sup>3</sup>; y 4 personas 4.60% están en niveles medios, con tiempo laboral de 6.3 años, hemoglobina 17.5mg/dl, glóbulos blancos 5.9mm<sup>3</sup>.
  
- **Etiquetado:** el valor de plomo en sangre es de 23.6mg/dl, aquí labora una persona 1.15% del total, que se encuentra en niveles normales de plomo en sangre, con un tiempo laboral de 14 años, hemoglobina 17mg/dl, glóbulos blancos 7.1mm<sup>3</sup>.
  
- **Logística:** la plumbemia es de 35.1mg/dl, tenemos a un colaborador en esta área 1.15% en niveles normales, tiempo laboral de 3.8 años, hemoglobina 18mg/dl, glóbulos blancos 4.7mm<sup>3</sup>.
  
- **Ventas:** la cantidad de plomo en sangre es de 48mg/dl, se encuentra una persona laborando aquí 1.15%, con niveles normales de plomo, tiempo laboral 1.1 año, hemoglobina 17mg/dl, glóbulos blancos 7.5mm<sup>3</sup>.



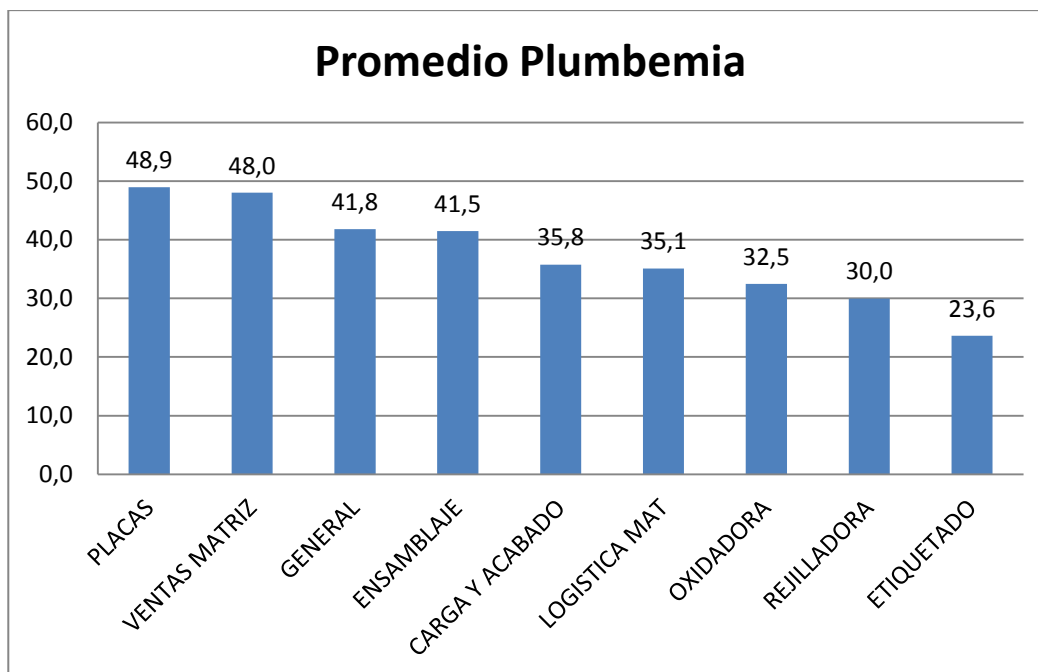


Tabla N° 8.- Pb por puesto de trabajo  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

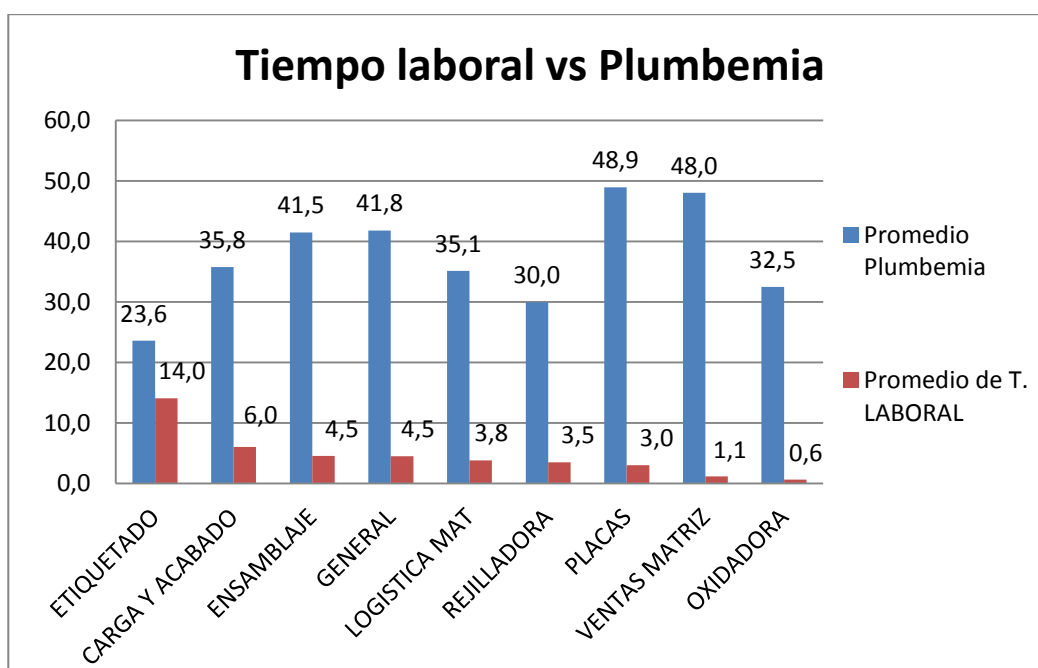


Tabla N° 9.- Tiempo laboral vs Plumbemia en los puestos de trabajo  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

También podemos ver que el promedio de plomo en sangre en el grupo de nivel normal es de 29.0mg/dl y un tiempo laboral de 3.7 años, para el grupo de nivel medio de plumbemia el promedio es de 51.9mg/dl con un tiempo laboral medio de 4.5 años, y para el grupo denominado nivel alto, el promedio de plomo en sangre es 77.4mg/dl con un tiempo laboral medio de 7.2 años.

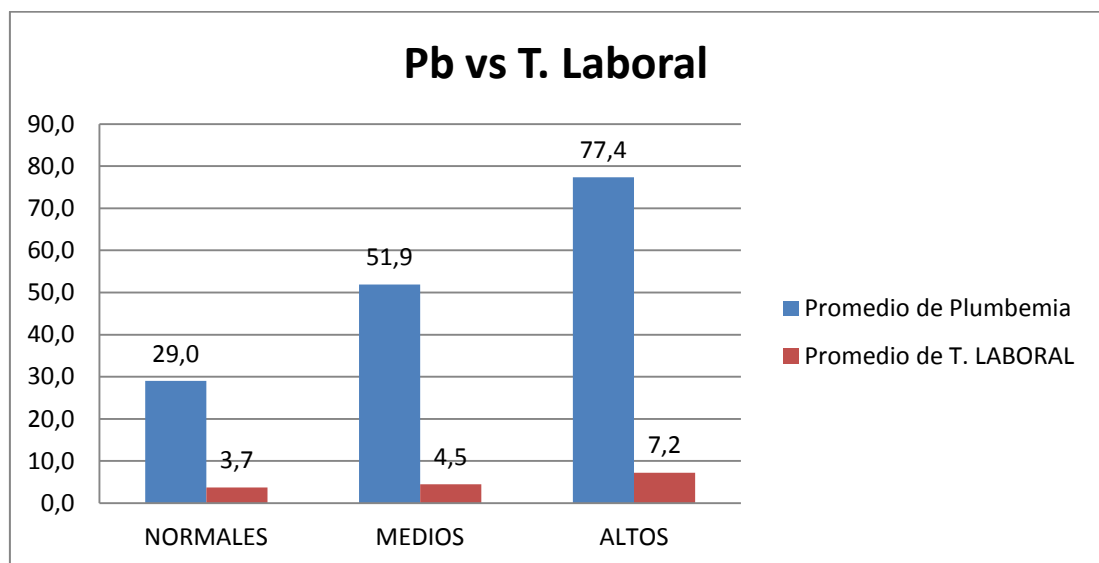


Tabla N° 10.- Relación Pb vs T. Laboral  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

### 4.3 TÉCNICA PARA LA REALIZACIÓN DE LA ENCUESTA CLINICA

De acuerdo a la información que se tiene de estudios ya realizados en colaboradores con exposición laboral al plomo, se identifico los síntomas prevalentes de la intoxicación crónica por plomo y se lo plasmó a través de una encuesta en la que se le solicitó a cada trabajador de una manera individual, privada y en un día al azar de su jornada laboral normal que recuerde el tiempo de exposición o tiempo que labora en la planta, si había

tenido factores de riesgo como alcohol y tabaco, y con un lenguaje de fácil comprensión se le pregunto si había tenido síntomas como: cefalea, temblores en manos, mareo, parestesias, cambio de estado de ánimo, palidez, coloración negruzca de uñas, disminución de libido, dolor abdominal, diarrea, estreñimiento y baja de peso en los últimos 3 meses.

#### 4.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Mediante el uso de la encuesta se obtuvo que del total de la población, el 29.89% fuma entre 1-3 cigarrillos por día, el 1.15% fuma entre 4-10 cigarrillos al día, el 18.39% fuma ocasionalmente, 48.28% de los colaboradores no refieren consumo de tabaco y el 2.30% fueron ex-fumadores.

<b>Tipo</b>	<b>1-3 unid/ día</b>	<b>4-10 unid/ día</b>	<b>Ocasional</b>	<b>No refiere</b>	<b>Ex-fumador</b>
<b>Altos</b>	0	1	1	2	0
<b>Medios</b>	17	0	6	13	0
<b>Normales</b>	9	0	9	27	2
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>42</b>	<b>2</b>

Tabla N° 11.- Tabaco como factor de riesgo  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

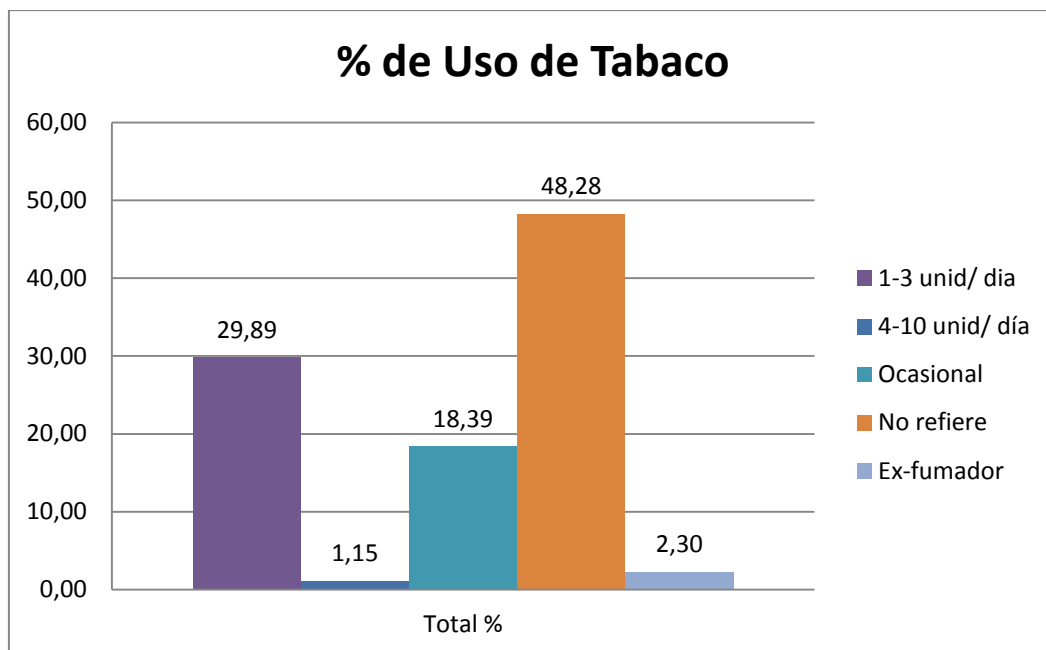


Tabla N° 12.- Porcentaje de consumo de tabaco  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

En cuanto al consumo de licor, los colaboradores refieren el consumo diario en un 3.45%, cada fin de semana el 5.75%, cada 15 días 28.74%, una vez al mes 34.48%, ocasionalmente 18.39% y los que no refieren consumo de licor son el 9.20%.

Tipo	todos los días	c/fin de semana	c/ 15 días	una vez al mes	ocasional	No refiere
<b>Altos</b>	0	1	2	0	1	0
<b>Medios</b>	2	3	10	9	6	6
<b>Normales</b>	1	1	13	21	9	2
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>8</b>

Tabla N° 13.- Alcohol como factor de riesgo  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

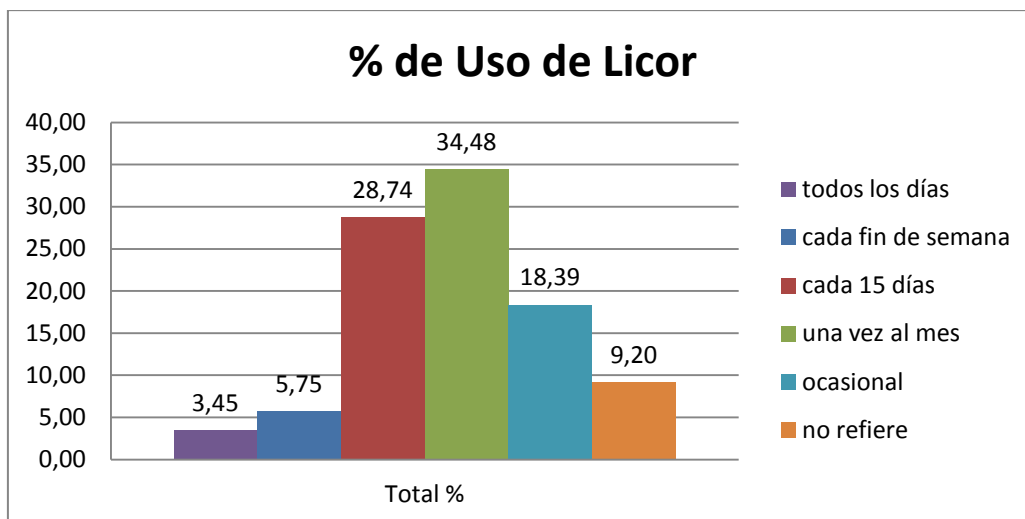


Tabla N° 14.- Porcentaje de consumo de alcohol  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

Para poder cuantificar los síntomas que presentan nuestros colaboradores se agrupó a los síntomas según el sistema que alteran, de esta manera tenemos cuatro sistemas que son: sistema nervioso, sistema gastrointestinal, sistema muscular y varios. En este caso no es factible sacar el promedio de cada síntoma, lo que se hizo es sumar cada síntoma y compararlo dependiendo de la plumbemia, es decir se encontraron 108 síntomas referentes al sistema nervioso, 76 síntomas gastrointestinales, 24 musculares y 54 síntomas de varios tipos.

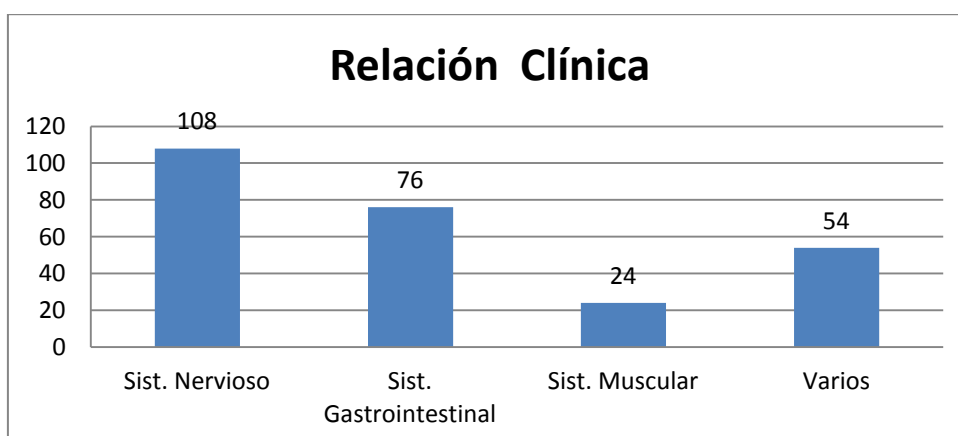


Tabla N° 15.- Alteraciones en los diferentes sistemas  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

## 4.5 CORRELACIÓN CLÍNICA-EXPERIMENTAL

Finalmente para poder asociar y darse cuenta si existe relación entre los niveles de plomo y la sintomatología clínica, se asoció plumbemia con alteraciones en los diferentes sistemas funcionales del cuerpo. No debe mal interpretarse los resultados encontrados aquí o peor aun confundirse, pensando que no existe una relación con los niveles altos y el número de síntomas bajos, hay que tener en cuenta que en niveles altos solo se tiene a 4 colaboradores.

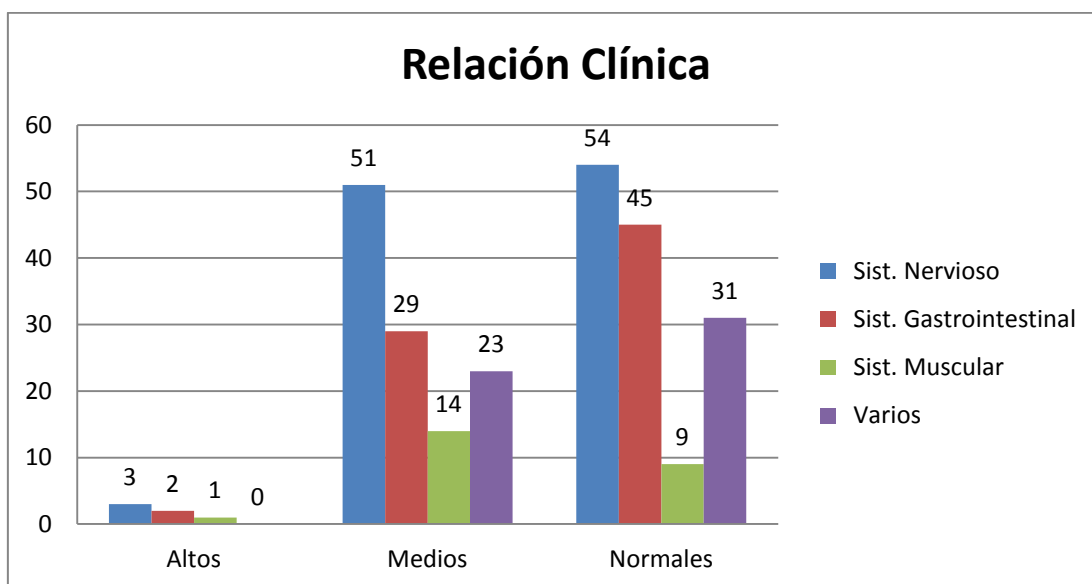


Tabla N° 16.- Relación clínica vs Pb  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

Como se puede evidenciar en el grafico anterior los problemas en el sistema nervioso se encuentran en primer lugar, seguidos de alteraciones musculares, varios y finalmente el sistema gastrointestinal. A continuación se detalla cuales síntomas o signos son los más prevalentes en cada sistema alterado.

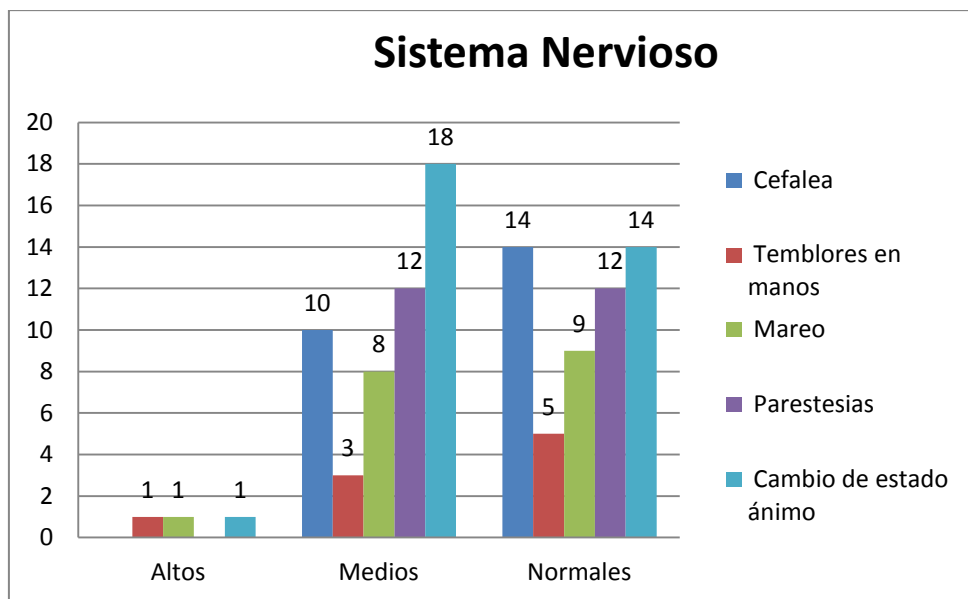


Tabla N° 17.- Alteraciones del sistema nervioso  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

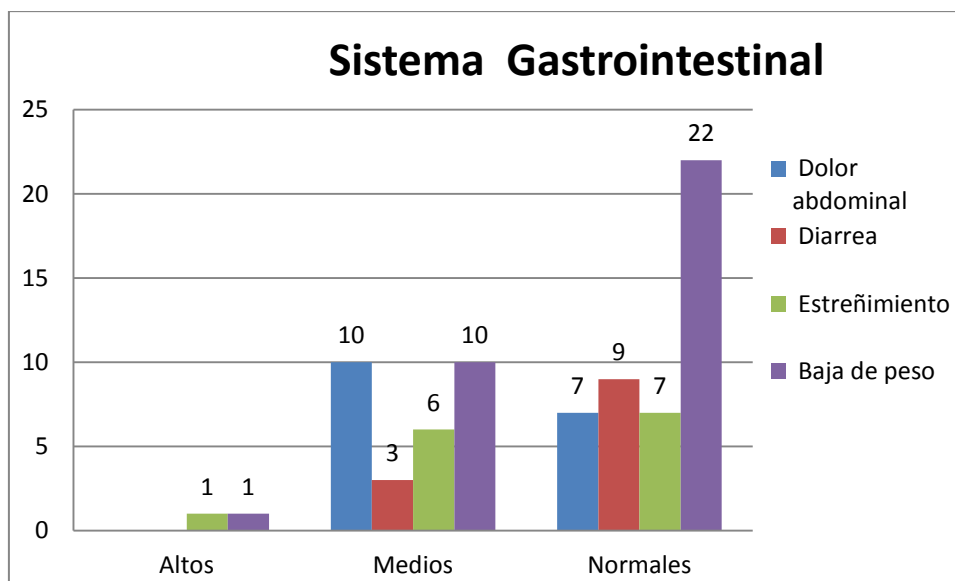


Tabla N° 18.- Alteraciones del Sistema Gastrointestinal  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

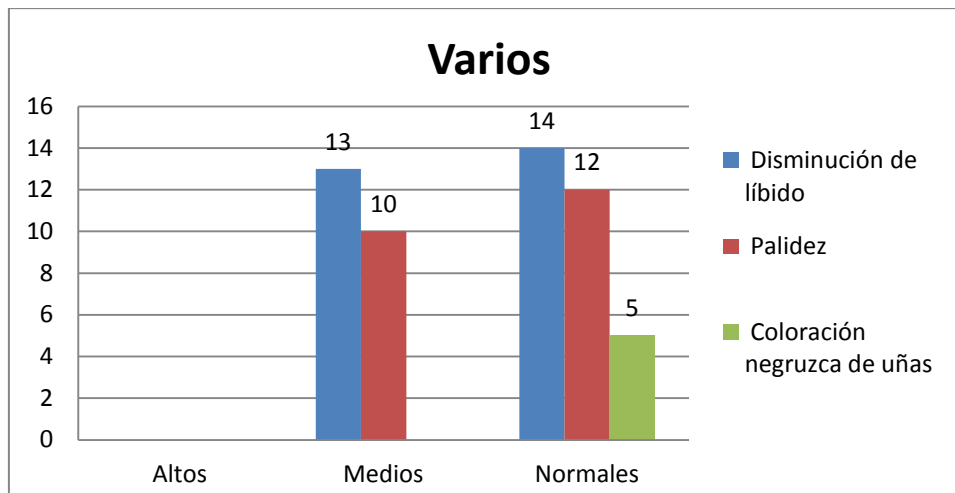


Tabla N° 19.- Alteraciones en varios sistemas  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos

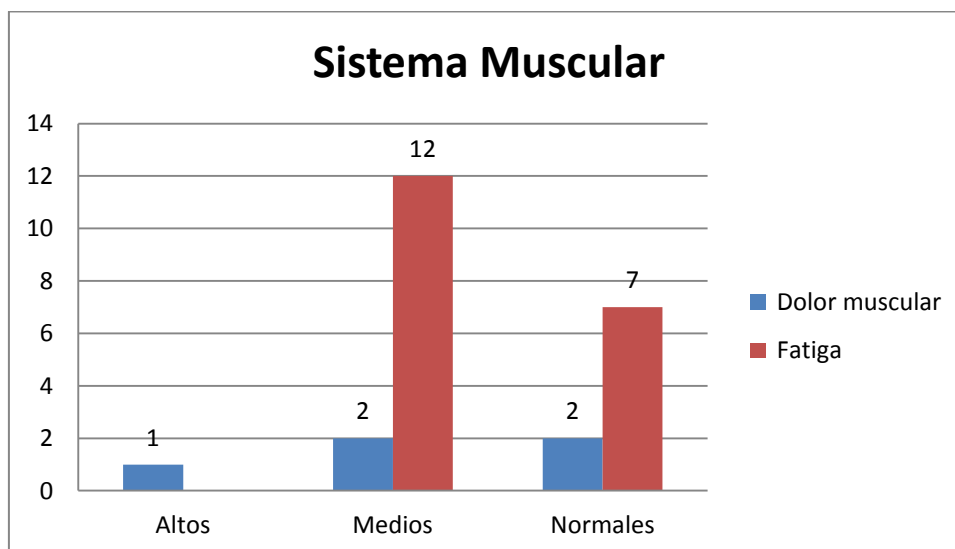


Tabla N°20.- Alteraciones en Sistema Muscular  
Elaborado por: Dr. Francisco Cevallos



## 4.6 CONCLUSIONES

- Con los resultados obtenidos se puede afirmar que sin lugar a duda existe una fuerte correlación entre la clínica presentada por los colaboradores y los resultados de laboratorio obtenidos, debido a que del total de la población, el 54% se encuentra en niveles normales de plomo, 41.4% niveles medios y el 4.6% en niveles altos.
- En cuanto a la sintomatología, se encontró que no existe un valor definido en el cual un paciente inicie con síntomas, debido a la diferente tolerancia que presenta un individuo o lo que es lo mismo individualidad fisio-patológica, sin embargo cuantitativamente la principal alteración que se presentó fue en el sistema nervioso (cambios de estado de ánimo y parestesias), seguido de molestias gastrointestinales (baja de peso y dolor abdominal), en varios sistemas (disminución de libido y palidez); y finalmente el sistema muscular (fatiga y dolor muscular).
- Al relacionar plumbemia con los componentes globulares rojos de la sangre se obtuvo solo una disminución de hemoglobina y hematocrito en niveles realmente altos de plomo, y se vio que en los niveles medios de plomo, el cuerpo eleva los niveles de estos dos componentes probablemente como mecanismo de respuesta frente al agente toxico presente.
- También se identificó que la edad no influye en los niveles de plomo en sangre, mas, si tiene un componente muy importante el tiempo de permanencia en la planta o tiempo de exposición que fue directamente proporcional al de plumbemia.
- Finalmente queda afirmado que las áreas más contaminantes para los colaboradores son: placas, ventas varios, general, ensamblaje, carga y acabado; por lo que serán áreas a las que se debe intervenir de manera inmediata para mitigar los problemas al momento presentados.

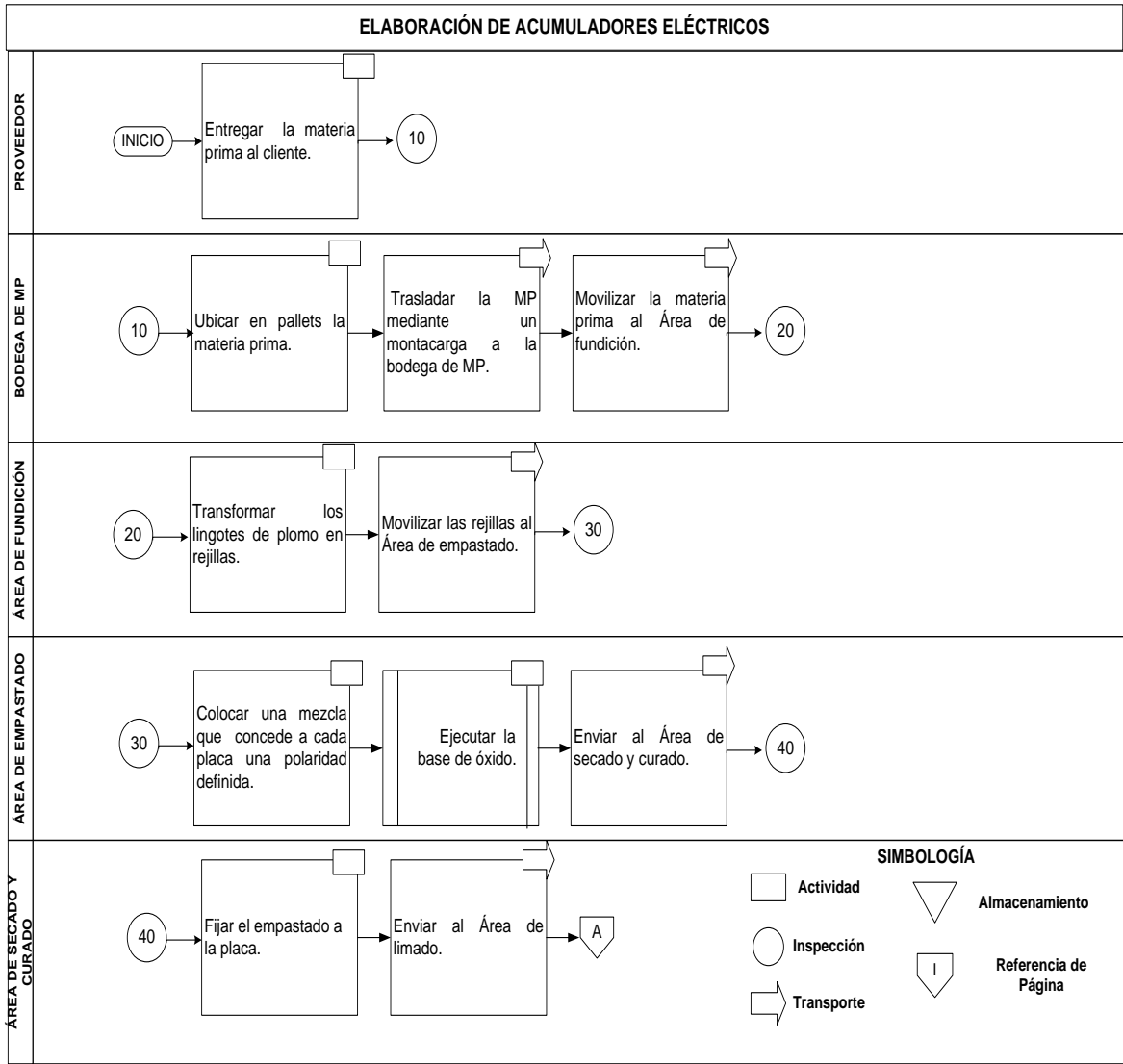
## 4.7 RECOMENDACIONES

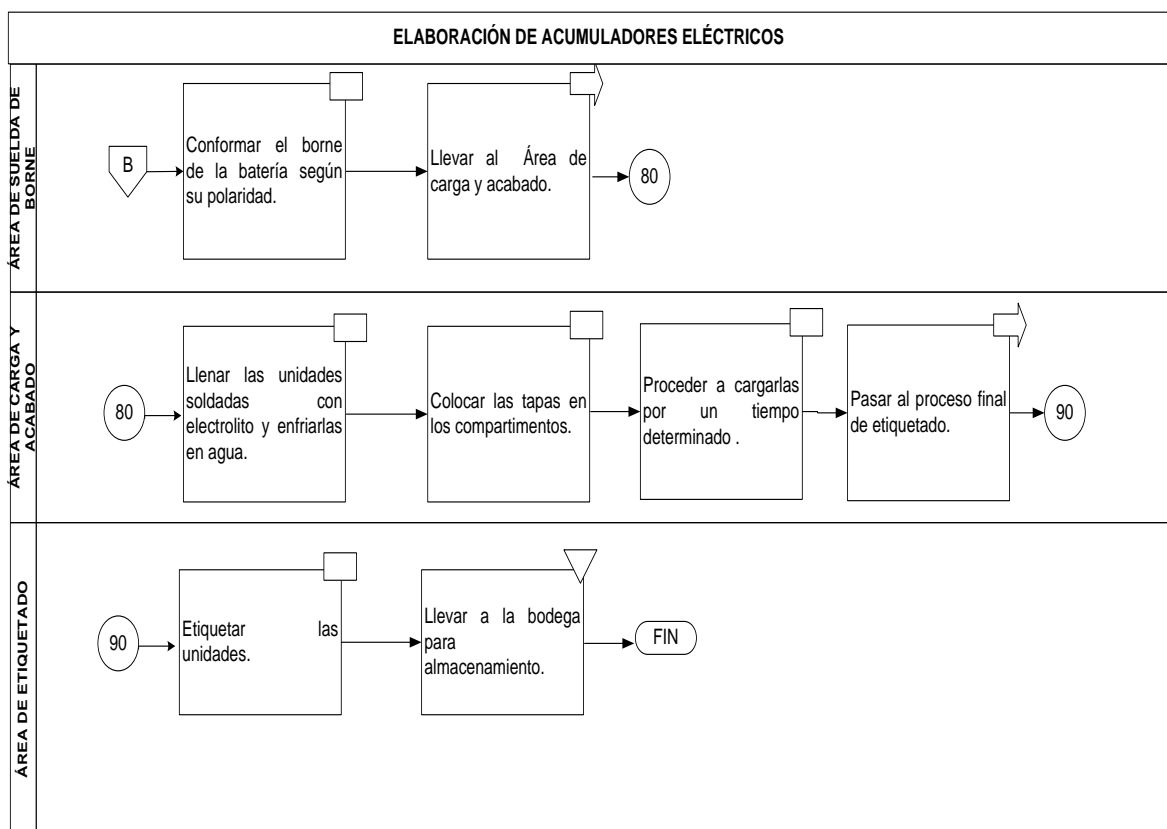
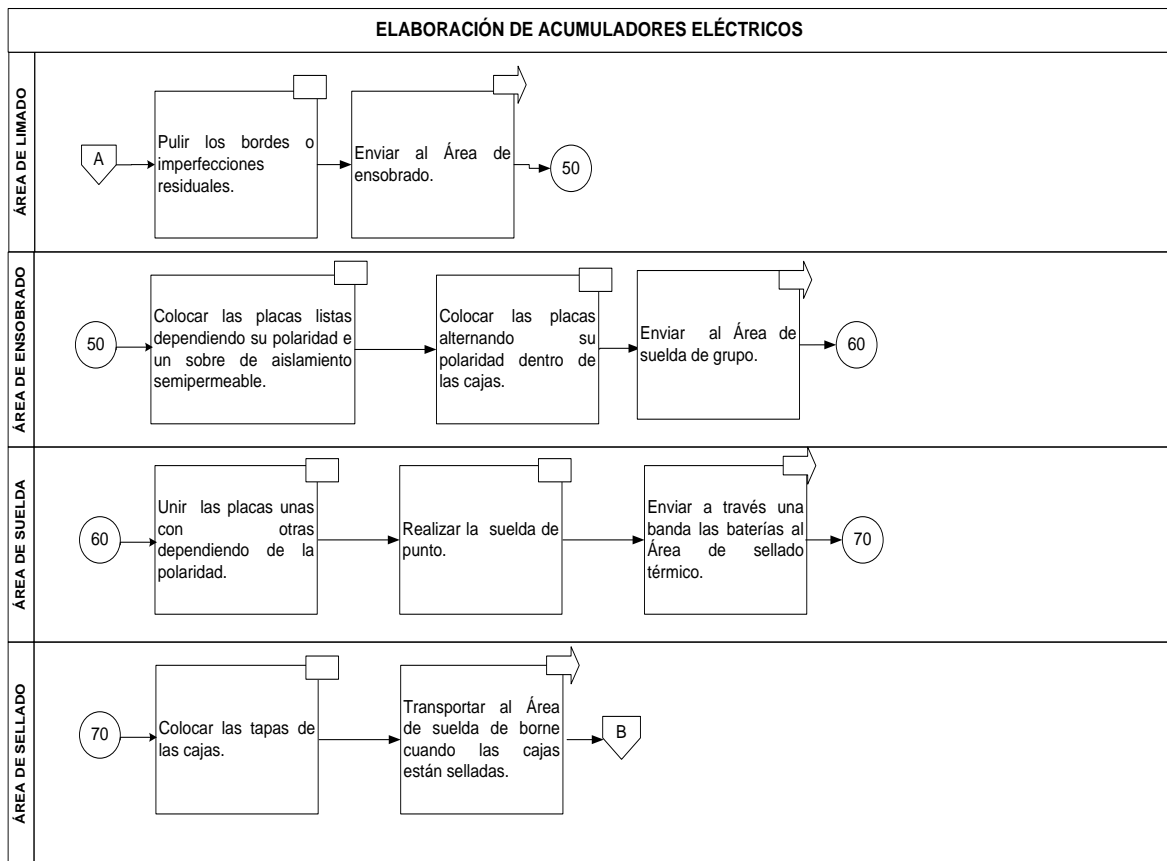
- Extrapolando los datos obtenidos podemos darnos cuenta que el estudio que se presenta muestra una gran similitud a la bibliografía reportada a nivel mundial, lo que nos hace inferir en que es necesario realizar varios cambios en la planta para mejorar la salud de los trabajadores en beneficio de ellos y de sus familias.
- Existen procesos que necesitan ser modernizados y otros automatizados para evitar la exposición directa de los diferentes contaminantes hacia los colaboradores, también se recomienda aislar procesos como el de suelda y fundición para evitar gases volátiles que son de rápida y fácil absorción. Es importante realizar una distribución armónica de la planta que permita un mayor intercambio gaseoso, manejo y mejoramiento de filtros de aire y mediciones ambientales de partículas por millón permanentes.
- Es preciso realizar controles médicos de seguimiento a todo el personal que ya este presentando molestias y buscar nuevos casos para evitar que lleguen a niveles riesgosos, también es importante hacer pruebas periódicas en sangre para mantener niveles de hemoglobina y hematocrito óptimos y así evitar casos de anemia, insuficiencia renal aguda o peor aún crónica, que estaría en relación al monitoreo biológico permanente que deben tener este tipo de manufactureras.
- Otra medida que se debe mantener es la aplicación periódica de complejo B intramuscular y acido ascórbico (vitamina C) los cuales al parecer también prestan un mecanismo que dificulta la intoxicación con plomo a más de mantener la homeostasis en los componentes rojos y blancos celulares.
- Además este estudio abre nuevas interrogantes como el porqué nuestra población no presenta anemias marcadas o la sintomatología es intensa, como aporte podemos

dejar la posibilidad de que la población ecuatoriana y en especial la que se encuentra laborando en la planta tiene un nivel alimenticio bueno y aparentemente los índices de masa corporal están en niveles de normalidad o sobrepeso, lo que nos podría hacer pensar que este componente actúa más bien como un factor de protección frente al plomo.

# 4.8 ANEXOS

## 4.8.1 Anexo 1: Flujograma de Procesos para elaboración de acumuladores por áreas





#### 4.8.2 Anexo 2: Test para relación clínica de Pb

<b>TEST PARA RELACIÓN CLÍNICA DE PLOMO</b>		
<b>Nombres:</b>		<b>Fecha:</b>
<b>Edad:</b>	<b>Sexo:</b>	<b>Plombemia:</b>
<b>TA:</b>		
<b>1.- Tiempo de exposición al plomo</b>		
a) de 0-1 mes	c) 3-6 meses	
b) 1-3 meses	d) más de 6 meses	
<b>2.- Uso de tabaco en el último mes:</b>		
a) 1-3 unidades al día	c) 11-20 unidades al día	
b) 4-10 unidades al día	d) más de 20 unidades al día	
<b>3.- Consumo de licor en el último mes:</b>		
a) todos los días	c) cada 15 días	
b) cada fin de semana	d) una vez al mes	
<b>4.- Efectos sobre los diferentes sistemas y aparatos en el último mes:</b>		
a) Cefaleas	j) Dolor muscular	
b) Temblores en manos	k) Palidez	
c) Dolor abdominal	l) Coloración negruzca en uñas	
d) Mareo	m) Diarrea	
e) Fatiga	n) Estreñimiento	
f) Parestesias	g) Baja de peso	
h) Disminución de la libido		
i) Cambios de estado de ánimo (irritabilidad o letargo)		

## 4.9 BIBLIOGRAFÍA

1. ACGIH, 2003, TLVs and BEIs: **Threshold Limits Values for Chemical Substances and Physical Agents**. Biological Exposure Indices. Cincinnati.
2. BELLINGER DC, STILES KM, NEEDLEMAN HL. **Low-level lead exposure, intelligence and academic achievement: A long term follow-up study**. Pediatrics. 1992; 90:855.
3. BOOTHBY JA, DE JESUS PV, ROWLAND. (1974) **Reversible factor of motor neuron disease**. Arch Neurol. 1974; 21:18-23.
4. BURRIEL MARTÍ FERNANDO; ARRIBAS JIMENO SIRO; LUCENA FELIPE; HERNÁNDEZ JESÚS (2007). **Química analítica cualitativa**. Editorial Paraninfo. p. 175. ISBN 9788497321402. Consultado el 2 de junio de 2012
5. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Preventing lead poisoning in young children: A statement by the Centers for Disease Control**. Atlanta, Georgia: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, 1991.
6. GRAEF J. Lead poisoning. Part I. Clinical Toxicology Review. 1992; 14(8):1-2.
7. KEHOE RA. 1972. **Occupational lead poisoning. 2. Chemical signs of the absorption of lead**. J Occup Med. 14:390.
8. LA DOU J. **Medicina Laboral y Ambiental**. 2ª Ed. México DF: Ed. Manual Moderno; 1999.
9. LAUWERYS R, RAND R, HOET P, editors. **Industrial chemical exposure: guidelines for biological monitoring**. Boca Raton: Lewis Publishers; 1993.
10. LANE RE. 1993. **The care of the lead worker**. Br J Ind Med. 50:193.
11. LOBATO S, 2012, **La contaminación ambiental por el plomo y el daño a la salud humana**, Periódico OPCIÓN de los ecuatorianos por la verdad, [fecha de acceso 29 de Agosto de 2012]. Disponible en: <http://www.nodo50.org/opcion/02/ciencial.php>
12. LUNDBERG P, Ed. **Scientific basis for Swedish Occupational Standards XII** (Consensus report for inorganic lead, September 5. 1990). Arbete Och Hals. 1992; 6:13.
13. Melinda M. Valdivia I, 2005, **Intoxicación por plomo, Lead poisoning**, Revista Sociedad Peruana Medicina Interna 18 (1) 2005, pagina 24 [fecha de acceso 23 de Septiembre de 2012]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rspmi/v18n1/a05v18n1.pdf>
14. RAMÍREZ AUGUSTO V, **El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo**, Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Págs. 57-70, 15 marzo 2005
15. RAMÍREZ AV, TAPIA G. 1998. **Cuadro clínico del Saturnismo en la industria metalúrgica de altura**. Rev Bras Saúde Ocup. 24:85-94.
16. RAMIREZ AV, CAM PJ, MEDINA M. 1997. **Plomo sanguíneo en los habitantes de cuatro localidades peruanas**. Rev Panam Salud Pública. 1(5): 344-8.
17. ROSELL MAS Ana: **Anemias**. Servicio de hematología del hospital universitario Dr Peset, Valencia (España). Consultado el 15 de marzo de 2012. Disponible en: <http://www.medynet.com/usuarios/jraguilar/Manual%20de%20urgencias%20y%20Emergencias/anemia.pdf>
18. SANIN L.H, GONZALES-COSSIO T, ROMIEU I, HERNANDEZ-AVILA M. 1998 **Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud**. Rev. Salud Publica Mex; 40(4): 359-68.

19. TARRAGO O., 2005, **La toxicidad del plomo**, Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) Estudios de Caso en Medicina Ambiental (CSEM), [fecha de acceso 07 de Junio de 2012]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/docs/plomo.pdf>
20. ZENZ C, Ed. Occupational medicine: **Principles and practical applications**. 2nd Ed. Chicago: Mosby; 1988



#### 4.10 PRESUPUESTO

ITEMS	Total
Impresiones y Encuadernación	400
Movilización	150
Varios	100
Pagos Universidad	1900
Total	\$ 2550

#### 4.11 CRONOGRAMA

	Meses					
Actividades	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Presentación del plan de tesis	X					
Tutoría con el Director	X	X				
Recolección de datos de laboratorio en matriz de Excel		X				
Análisis de datos obtenidos			X			
Tutoría con el Director			X			
Obtención de datos con la técnica de encuesta			X	X		
Tutoría con el Director				X	X	
Análisis de los resultados comparativos de laboratorio y clínicos					X	
Redacción de la tesis de la maestría y revisión con tutor					X	X
Correcciones del documento final						X
Preparación y redacción de la presentación para la defensa de la Tesis						X
Tutoría con el director (para revisar la presentación para la defensa de la Tesis)						X