

## ASPECTOS DE LA HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL ÁREA DE REDUCCIÓN DE UNA PLANTA DE ALUMINIO EN VENEZUELA

Keyla Márquez, Reinaldo Ortiz, Olga Márquez y Jairo Márquez

Recibido (17/06/2015), aceptado (23/05/2016)

Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

**Resumen:** Se ha intentado abrir una conexión entre los fundamentos de la electroquímica, el desarrollo de procesos de la producción de aluminio y la higiene y seguridad industrial. En este trabajo se evaluaron los factores de riesgos a los que se exponen los trabajadores del área de reducción de una planta de aluminio en la región de Guayana - Venezuela, a fin de establecer las medidas necesarias para su control, para lo cual se realizó una Inspección, mediante un análisis por observación directa de las instalaciones, equipos y procesos productivos. Se analizó información sobre los aspectos humanos (actitudes, aptitudes, comportamiento y organización), las características físicas de las instalaciones, la información tomada sobre los posibles riesgos, a través del análisis estadístico y documental y de las normas y reglamentos aplicables en cada caso. Además, se confeccionó una lista sobre los aspectos que deben ser inspeccionados en función de los conocimientos que se poseen sobre las características y riesgos de las instalaciones, equipos, máquinas, procesos, con la finalidad de verificar el cumplimiento de un mínimo de normas de higiene y seguridad laboral, al igual que chequear y detectar cualquier falla o irregularidad. Se realizaron entrevistas y encuestas al personal del área en estudio. La investigación se basó en la consulta de todas las fuentes de información posibles, en cuanto a los aspectos de higiene y seguridad, a fin de informar sobre el estado actual del conocimiento relativo al campo en estudio, conocer asuntos prácticos y/o teóricos relacionados al tema, la identificación de "verdades" y/o "supuestos" acerca de algunos aspectos del proceso bajo estudio. Se trató de delimitar el punto más crítico del problema para poder formular preguntas adecuadas.

**Palabras Clave:** Higiene y Seguridad Industrial, Electrólisis, Electro reducción, Aluminio, Planta de reducción, Ingeniería industrial, Ingeniería electroquímica

## ASPECTS OF HYGIENE AND INDUSTRIAL SECURITY IN A REDUCTION ALUMINIUM PLANT IN VENEZUELA

**Abstract:** The aim of this work is the opening of a connection between the basis of electrochemistry related to industrial processes such as production of aluminium, and the hygiene and industrial safety. An assessment of exposure of workers in a reduction plant of aluminium in Guayana, to establish the necessary measurements to control the risk factors. An inspection, consisting of the analysis by direct observation of the facilities, equipment and processes, was also applied. It was necessary to collect and process information concerning the human aspects (attitudes, skills, behavior and organization), the technical characteristics of the installations, the information on the possible risks, documentary and statistical analysis and the rules and regulations. A list of inspection was made to point the aspects that must be inspected by who have knowledge about the characteristics and risks of facilities, equipment, machines, processes, to verify that in the area of reduction, meet minimal standards of hygiene and safety at work, Interviews were also conducted research based on consultation of all possible sources of information on the aspects of hygiene and safety, allowing us to report on the state of the art about the field under study, learning practical or theoretical issues related to the topic, the identification of "truths" and/or assumptions of some aspects of the process under study, we have tried to identify the most critical problem for appropriate questions point.

**Key words:** Hygiene and Industrial Safety, Electrolysis, Electroreduction, Aluminium, Reduction Plant, Industrial Engineering, Electrochemical Engineering.

## I. INTRODUCCIÓN

La industria del aluminio es uno de los sectores de la economía nacional con perspectivas promisorias, y es comúnmente caracterizada en aguas arriba (desde la extracción de la bauxita hasta la producción de aluminio primario) y aguas abajo (transformación del aluminio primario en productos, desde aleaciones hasta bienes de consumo doméstico o muy especializados) [1]. La cadena de producción del aluminio, se caracteriza por eslabones: (i) minería, extracción de la bauxita, consistente en el proceso de extracción y tratamiento de la bauxita. (ii) refinación, obtención de la alúmina, que involucra el aislamiento del óxido de aluminio (alúmina) suprimiendo componentes inherentes a la estructura de la bauxita, tales como óxido de hierro y de silicio, utilizando el Proceso Bayer [2]. (iii) obtención del aluminio primario, en plantas por un proceso de reducción electrolítica de la alúmina por el proceso Hall- Heroult [2], y (iv) transformación, preparación de productos semi-elaborados y elaborados: Una vez producido, el aluminio es sometido a un proceso de transformación metalúrgica que le proporciona las características necesarias de acuerdo a la aplicación requerida.

La bauxita utilizada por la industria del Aluminio en Venezuela proviene de yacimientos ubicados a unos 600Km de Ciudad Guayana, cuyas reservas probadas se estiman según estudios comprobados, en unos 200 millones de toneladas métricas, suficientes para soportar el consumo nacional por más de 10 años. El mineral extraído del yacimiento es de tipo gibsita trihidratada y presenta un contenido de alúmina de 50%, contenido de cuarzo de 8% y sílice reactiva de 1.7%. El material extraído es acarreado hasta la estación de molienda utilizando camiones roqueros. Una vez triturado el material, se transfiere a un sistema de correa transportadora de bajada, (tecnología del tipo teleférico o cable), hasta el almacenamiento donde se realiza la homogenización del material en pilas. El mineral es transferido por ferrocarril desde el área de homogeneización hasta el puerto. Finalmente el mineral es transportado desde el puerto hasta la planta de alúmina, por el río Orinoco. La bauxita es entonces descargada en el muelle de Bauxilum en Matanzas, donde es sometida al Proceso Bayer para la fabricación de la alúmina. La alúmina es entonces trasladada a las plantas de reducción para producir el aluminio primario [3-5].

En Venezuela se cuenta con dos principales plantas de producción de aluminio: ALCASA y VENALUM,

éstas transforman la alúmina en sus productos, principalmente lingotes, cilindros y laminados [6]. El proceso utilizado para la producción de aluminio es electrolítico (reducción electroquímica). Así mismo, durante el proceso se utilizan insumos como coque y brea de petróleo, entre otros. Por cada tonelada de bauxita, se obtiene 0,5 toneladas de alúmina, mediante el proceso Bayer y por cada tonelada de alúmina se recuperan 0,5 toneladas de aluminio puro; de manera que para obtener 1 tonelada de Aluminio (primario, no reciclado), se requieren 4 toneladas de bauxita. De acuerdo a los cálculos teóricos, se requieren 6,3 Kwh / Kg Al, pero en la realidad, el consumo es de 14,0 Kwh / Kg Al, lo cual implica un 45 % de eficiencia, atribuible a fugas en las celdas, lo cual hace imprescindible un estudio para mejorar el sistema electroquímico de la planta reductora. Se están desarrollando modelos matemáticos para mejorar la eficiencia de la celda y disminuir el consumo de energía [6].

## Higiene y Seguridad

Los procesos electroquímicos, aunque son más amigables con el ambiente y son controlables, también presentan riesgos que hay que considerar, ya que en ellos se utilizan sustancias químicas bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, situación que puede controlarse si se cuenta con un conocimiento adecuado de las reacciones que allí se generan, de los posibles subproductos o desechos y de reacciones colaterales que se pudiesen generar si el proceso se realiza fuera de los parámetros establecidos. Hay que tener presente que las condiciones laborales de la empresa representan para el trabajador un elemento clave en su desempeño. Condiciones óptimas en el ambiente de trabajo proporcionan alto grado de satisfacción y motivación, reducen a un mínimo los riesgos de accidentes, incidentes y/o enfermedades ocupacionales, aumentan la productividad, permiten la maximización de las ganancias asociadas al mantenimiento de la confiabilidad operacional y la armonía con el entorno. La seguridad es responsabilidad de todos, sin embargo, cada supervisor es responsable de la seguridad de su área, aunque exista en la organización un ente de seguridad para asesorar a todas las áreas. En este trabajo se pretende identificar los factores de riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores del área de reducción de la planta de aluminio, a fin de establecer las medidas necesarias para su control. Para implementar una metodología apropiada que permita la evaluación de riesgos en un ambiente de trabajo, es preciso definir éstos como factores o condiciones que se encuentran

en el ambiente de trabajo, y pueden poner en peligro la vida o la salud, o causar incomodidad y molestias a los trabajadores [10, 11]. Según esta definición se pueden clasificar los riesgos como se presentan en la figura 1.

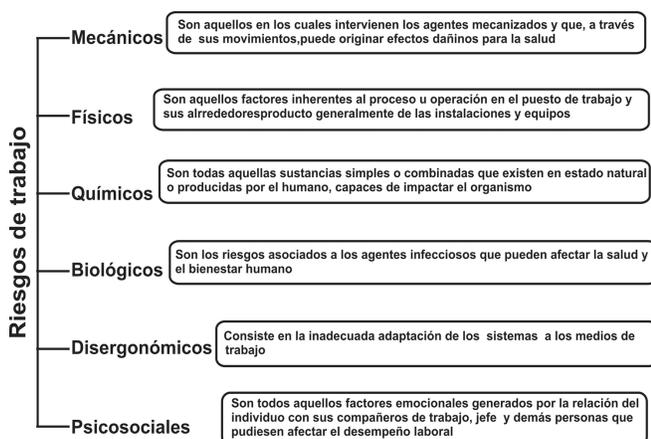


Figura 1. Riesgos de Trabajo

## Área de reducción

Para conocer los riesgos existentes en el área de reducción de la planta, es necesario primero conocer el proceso electroquímico general que ocurre (proceso Hall-Héroult), y luego otras actividades y procesos que se llevan a cabo en esta área, mostrando los materiales, equipos y herramientas utilizadas en cada caso.

## Proceso Hall-Héroult

Es un proceso usado a nivel mundial en la industria del aluminio. Consiste en la reducción electroquímica de la alúmina para producir aluminio de alta pureza. Se basa en el principio siguiente: cuando la solución de alúmina se electroliza en la criolita fundida ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), se obtiene el aluminio puro. El fondo de la celda de reducción sirve como cátodo, y las barras del carbón sumergidas en criolita sirven como ánodos. El aluminio fundido se deposita bajo solución de la criolita con 3-5% de alúmina. Durante este proceso, las temperaturas alcanzan aproximadamente  $950\text{ }^\circ\text{C}$  en un baño fluorado y bajo una alta intensidad de corriente. Todas las líneas de celda construidas desde principios de 1970 usan la tecnología de ánodo precocido, donde los ánodos son manufacturados con una mezcla de coque de petróleo y brea de alquitrán, precocidos en una planta de ánodos.

Baño Electrolítico

El baño electrolítico utilizado en las celdas, es una combinación de Criolita (hexafluoroaluminato de sodio)  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  y Alúmina,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a  $958\text{ }^\circ\text{C}$ . y otros aditivos

químicos. La Tabla I muestra la composición del baño electrolítico y la Tabla II los materiales componentes de bloques.

Tabla I. Composición del baño electrolítico para la reducción industrial de Al

Compuesto	Fórmula	Cantidad
Fluoruro de calcio	$\text{CaF}_2$	(4 a 5) %
Fluoruro de magnesio	$\text{MgF}_2$	Trazas (0,30%)
Fluoruro de litio	$\text{LiF}$	Trazas (0,10%)
Alúmina	$\text{Al}_2\text{O}_3$	(2 a 4)%
Criolita	$\text{Na}_3\text{AlF}_6$	(84-88)%
Fluoruro de aluminio	$\text{AlF}_3$	(10-12)%

Tabla II. Materiales negros componentes de los bloques anódicos y catódicos

Materiales negros	
Brea de alquitrán para ánodos	Coque metalúrgico
Arrabio	Ferrofósforo
Carburizante	Ferrosilicio
Coque de petróleo	Silicomagnesio

## Reacciones electroquímicas que controlan el proceso

Una vez optimizadas las condiciones para obtener alúmina de alta pureza mediante el proceso Bayer y pasar a la operación de las celdas electrolíticas usando el proceso Hall-Héroult, las reacciones electroquímicas están dadas por las ecuaciones 1-3:

### Reacción en el cátodo

En el cátodo ocurre la reducción de la alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) para generar aluminio metálico ( $\text{Al}^0$ )



### Reacción en el ánodo

El oxígeno contenido en la alúmina, en forma de óxido ( $\text{O}^{2-}$ ), se oxida para generar oxígeno molecular,  $\text{O}_2$ :

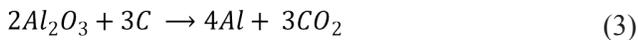
### Reacción en el ánodo

El oxígeno contenido en la alúmina, en forma de óxido ( $\text{O}^{2-}$ ), se oxida para generar oxígeno molecular,  $\text{O}_2$ :



## Reacción química total

Es evidente que el electrodo de carbón se consume durante el proceso, para formar dióxido de carbono. La reacción total es:



## Prácticas operativas

En el área de reducción, se llevan a cabo tres (3) tareas o actividades principales:

- Reducción electrolítica
- Trasegado del metal

- Subida de puente

## Actividad de Reducción electrolítica

Para el caso de reducción electrolítica, se establecen las actividades orientadas a contribuir con el desarrollo normal del proceso de reducción electrolítica en las celdas y abarca las actividades necesarias para ejecutar las acciones de supresión de efectos anódicos; chequeo de alimentadores y rompe costras; adición manual de insumos; medida de baño y metal; desnatado de celdas; cambio de carbón; banqueo de ánodos; medición de ánodos con mili voltímetro y normalización de celdas nuevas menores a 72 horas.

**Tabla III. Materiales, herramientas y equipos necesarios para realizar la reducción electrolítica del aluminio**

Materiales	Herramientas		Equipos
Varas verdes	Barra de hierro	Llave manual	Montacargas
Alúmina secundaria	Estiba portamadera	Mandarria	Grúa ECL
Criolita sintética	Pala de aluminio	Rastrillo de hierro	Grúa NKM
Baño frío molido	Rastrillo de aluminio	Cesta portacabos (Basket)	Celda electrolítica
Fluoruro de aluminio	Cepillo de barrer	Recipiente para pesaje	Balanza electrónica
Carbonato de sodio	Varilla de medir baño y metal	Cucharón para medir descarga de alúmina y fluoruro	Voltímetro con puntas de prueba
Material de desnatado de crisoles (MDC)	Metro plegable de aluminio troquelado		
Fluoruro de calcio	Cuchara de desnatado		
Ánodo envarillado	Carretilla		
Tiza	Estiba de desnatado		
Alúmina primaria	Marcador de ánodos " U "		
Baño frío granulado	Carro para medir ánodos		

## Trasegado del metal en las celdas

Permite describir las actividades orientadas a extraer la cantidad de kilogramos de metal o baño programado a las celdas, de acuerdo a las metas de producción de la Planta y a las condiciones operativas de las celdas.

Abarca las actividades necesarias para ejecutar las acciones de chequeo de la grúa, preparación del conjunto crisol-tapa de trasegado, preparación de la celda para el trasegado, trasegado de metal con crisol, trasegado y adición de baño caliente. La Tabla IV presenta materiales, herramientas y equipos para el trasegado.

Tabla IV. Materiales, herramientas y equipos para el trasegado

Materiales	Herramientas		Equipos
Tiza	Cuchara de desnatado	Clip de Seguridad	Grúa puente ECL
Varas verdes	Rastrillo de hierro	Estiba de desnatado	Crisol con tapa
Rollo de papel para hermetizar	Carretilla	Molde tipo libro	Grúa puente NKM
	Manguera no conductiva	Tapón de crisolito	Montacargas torre rotativa
	Gancho porta crisol	Tapa de boca de descarga	Crisolito con tapa
	Vidrio visor de trasegado	Cepillo	Remolcador
	Carreta porta crisol	Cuña de hierro	Plataforma de desnatado
	Carro porta tapa (Guayin)	Barra de hierro	
	Pala de aluminio	Mandarria	
	Canal de vaciado grande	Llave de tubo	
	Canal de vaciado pequeño		

### Actividad de Subida de puente

Su objetivo es establecer las actividades orientadas a restituir la altura del puente a fin de garantizar el recorrido del mismo necesario para el ajuste de voltaje a medida que los ánodos se consumen. Contempla las actividades necesarias para que el supervisor de celdas y/o turno determine mediante

programa y/o visualmente los puentes con condición crítica a subir en el turno, de acuerdo al orden de prioridades y rutina de trabajo del operador integral, establecida para la subida de puente con sus respectivas precauciones, para evitar la inestabilidad de las celdas después de la subida de puente. La Tabla V presenta materiales, herramientas y equipos para la subida de puente.

Tabla IV. Materiales, herramientas y equipos para el trasegado

Materiales	Herramientas	Equipos
Tiza	Marcador de ánodos " U "	Grúa ECL ó NKM
Vara verde	Llave manual para aflojar grapas	Sujetador de ánodos
	Milivoltímetro con bastón	Celda electrolítica
	Manguera no conductiva con acoples	
	Barra de acero	
	Metro de aluminio plegable	

Además de las actividades principales que se llevan a cabo en el área de reducción, se realizan actividades especiales cuando se presentan desviaciones de los

parámetros normales de funcionamiento de las celdas. La Tabla VI presenta actividades especiales para el restablecimiento de condiciones en la celda.

**Tabla VI. Actividades especiales para restablecer las condiciones de la celda, cuando ésta se encuentra fuera del parámetro normal**

Actividades especiales		
1-Tratamiento de Celdas con Temperatura fuera de especificación ❖ temperatura ( $966 < T \leq 970$ °C) ❖ temperatura ( $948 \leq T < 957$ °C) ❖ temperatura alta ( $T > 970$ °C)	6- Celdas con lodo ❖ Lodo por derrame de tolva ❖ Lodo por sobrealimentación	11- Celdas con alta acidez ( $ac > 13.0$ %).- Por derrame de fluoruro de aluminio
2- Celdas con bajo nivel de metal (P-19: NM < 24 cm; V L: < 22 cm)	7- Celdas inestables	12- Tratamiento de Celdas con Nivel de Baño fuera de especificación  Celdas con nivel de baño bajo (P-19: NB < 22 cm; V L: NB < 18 cm)
3- Celdas con alta frecuencia de efectos anódicos ( $E. A \geq 1$ c/d)	8-Celdas con baja temperatura ( $T < 948$ °C)	13-Tratamiento de Celdas con Voltaje fuera de especificación
4-Tratamiento de celdas con voltaje alto	9- Celdas con alto nivel de metal (P-19: NM > 27 cm; V L: NM > 25 cm)	14-Tratamiento de Celdas Inestables (desviación $\geq 0.2 \mu\Omega$ )
5- Celdas con baja acidez ( $ac < 10.0$ %)	10- Celdas con voltaje bajo	15- Tratamiento de Celdas con Hierro

## II. METODOLOGÍA

En este trabajo se realizará una inspección directa de la planta de reducción de aluminio y los procesos electroquímicos involucrados, a fin de conocer las condiciones de funcionamiento y control, y si es necesario establecer recomendaciones y medidas para seguridad en la planta.

Se precisarán y evaluarán los factores de riesgo a los que se exponen los trabajadores, el cumplimiento de normas de higiene y seguridad laboral, sus conocimientos en la temática y las condiciones en que laboran. La investigación utilizará todas las fuentes de información posible en aspectos de higiene y seguridad, los resultados del diagnóstico en la empresa y en la planta de reducción electrolítica, condiciones de higiene y seguridad en el trabajo e información de los propios trabajadores, para finalmente establecer la propuesta de mejoras, sugerencias, recomendaciones y conclusiones que se derivarán del estudio.

Para identificar los factores de riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores del área de reducción de la planta, que permita el establecimiento de medidas necesarias para su control, se utilizarán los siguientes instrumentos de recolección de datos: (a) Observación directa mediante visita a la empresa e inspecciones, lista de chequeo, obteniéndose datos para conocer los procesos de servicios y de soporte físico (infraestructura, equipos e insumo) en la organización.

(b) Cuestionarios usando una lista de preguntas que permitieron obtener información necesaria para determinar, grado de conocimientos del personal en ciertas áreas. (c) Entrevistas: consistentes en diálogo con los trabajadores que proporcionarán información necesaria para conocer jornadas de trabajo, hábitos individuales de trabajo, actividades realizadas por puesto de trabajo. (d) Revisión bibliográfica: usando Libros, normas, material de la empresa, Internet y otros para recolectar información necesaria para la realización del trabajo.

## III. ETAPAS DEL ESTUDIO

1) *Inspecciones, evaluación, análisis, diagnóstico, de condiciones de higiene y seguridad, en la planta de reducción del aluminio.*

Visita a la empresa y planta de reducción electroquímica del aluminio. Conocimiento del proceso global (minería, refinación, obtención del aluminio, transformación) y planta de reducción electroquímica (reactor, reacciones, condiciones, control) y la inspección, análisis, evaluación y diagnóstico.

2) *Encuestas, entrevistas, fuentes de información, seminarios y conferencias.*

Identificación de factores de riesgo a los que se encuentran expuestos los trabajadores. Condiciones de trabajo, riesgos de accidente y enfermedades

ocupacionales. Responsabilidades en la seguridad industrial. Cumplimiento de normas. Conocimientos en materia de seguridad. Programas de formación de personal. Diagnóstico.

3) *Análisis, Diagnósticos, Cálculos, Recomendaciones, Propuestas, Sugerencias, Conclusiones.*

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de realizar las inspecciones y revisar los resultados obtenidos de las listas de chequeo, las encuestas y las entrevistas, se observaron algunos

detalles que deben tomarse en cuenta, a la hora de implementar mejoras en el área de reducción en cuanto a higiene y seguridad se refiere.

Factores generales de riesgo existentes en el área de reducción, y posibles consecuencias.

Por medio de la observación directa y sobre la base de los datos obtenidos de las listas de chequeo, se pudo realizar la Tabla VIII mostrando los riesgos, sus consecuencias y el grado de deficiencia existente. Para ello se utilizó la relación de códigos mostrada en la norma COVENIN 474 (registro, clasificación y estadística de las lesiones de trabajo) y la Tabla VII.

**Tabla VII. Planilla de código de consecuencias para las salas de celdas electrolíticas.**

CÓDIGOS DE CONSECUENCIAS		
1 LEVE	2 GRAVE	3 MORTAL
Pequeñas lesiones	Lesiones que pueden llegar a ser irreversibles	Lesiones mortales
CÓDIGOS DE NIVEL DE DEFICIENCIA – ND (c)		
ACEPTABLE	MEJORABLE	DEFICIENTE
Situación tolerable. Las deficiencias, de existir, son de escasa importancia	Se han detectado anomalías a corregir, no determinantes de los posibles daños esperados	Se ha detectado alguna anomalía determinante de los posibles daños esperados

**Tabla VIII. Evaluación de riesgos en el área de reducción.**

EMPRESA:XXX		Área observada: REDUCCION- Área de celdas electrolíticas				
		FECHA DE <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>				
OBSERVADOR / A: Keyla Márquez		OBSERVACIÓN:				
FIRMA						
TIPO DE RIESGO		FACTOR RIESGO/CAUSA		CONSECUENCIAS (b)		NIVEL DE DEFICIENCIA (c)
COD. (a)	DEFINICIÓN			1-Leve. 2- Grave. 3- Mortal.	1-Aceptable. 2--Mejorable. 3-Deficiente.	
1600	Caída a nivel.	-Desniveles, agujeros y obstáculos en el piso. -Falta de orden y limpieza		1		2
1500	Caída a diferente nivel	-Presencia de escaleras defectuosas. -Apilamiento de material sobre peldaños de las escaleras -Falta de pasamanos		1		1
1300	Caída de cargas suspendidas	-Ánodos suspendidos por grúa puente -Crisoles suspendidos por grúa –puente -Exposición inadecuada de personal no autorizado debajo de cargas suspendidas		2 y 3		2

1200	Golpe por objetos y herramientas.	-Actos inseguros. (Distracción, exceso de confianza, entre otros). -Manipulación inadecuada de herramientas manuales -Movimientos relativos.	1	2
2900	Salpicaduras de metal y/o baño líquido	-No uso de los EPPs (Caretas, delantal, guantes, ropa de trabajo) -Actos inseguros (trabajar a velocidades inseguras).	2	2
1700	Atrapamiento por objetos o vehículos.	-Actos inseguros al cerrar las compuertas o tapas de las celdas -Manejo de vehículos a velocidades inseguras	2 y 3	3
2100	Contacto térmico.	-Tapas, compuertas y otras partes de la superestructura de las celdas - Ánodos consumidos (cables) - Crisoles conteniendo aluminio líquido	2	2
1521	Calor excesivo	-Existencia en el área de celdas de temperaturas entre 45 y 51 °C	1	2
1900	Contacto eléctrico.	-Contacto con superficies no aisladas	2 y 3	2
2000 y 1524	Exposición a sustancias nocivas y tóxicas.	-Inhalación de gases de fluoruro y polvos de alúmina	2 y 3	2
2900	Incendio.	-Presencia de sustancias y gases combustibles	1,2 y 3	3
1515	Ventilación inadecuada	-Ausencia de sistemas de extracción adecuados en el área	1 y 2	3
1518	Iluminación insuficiente	-Lámparas que proveen iluminación insuficiente	1	2
2200	Esfuerzos excesivos	Carga y arrastre de sacos de peso de hasta 1000Kg	2	2

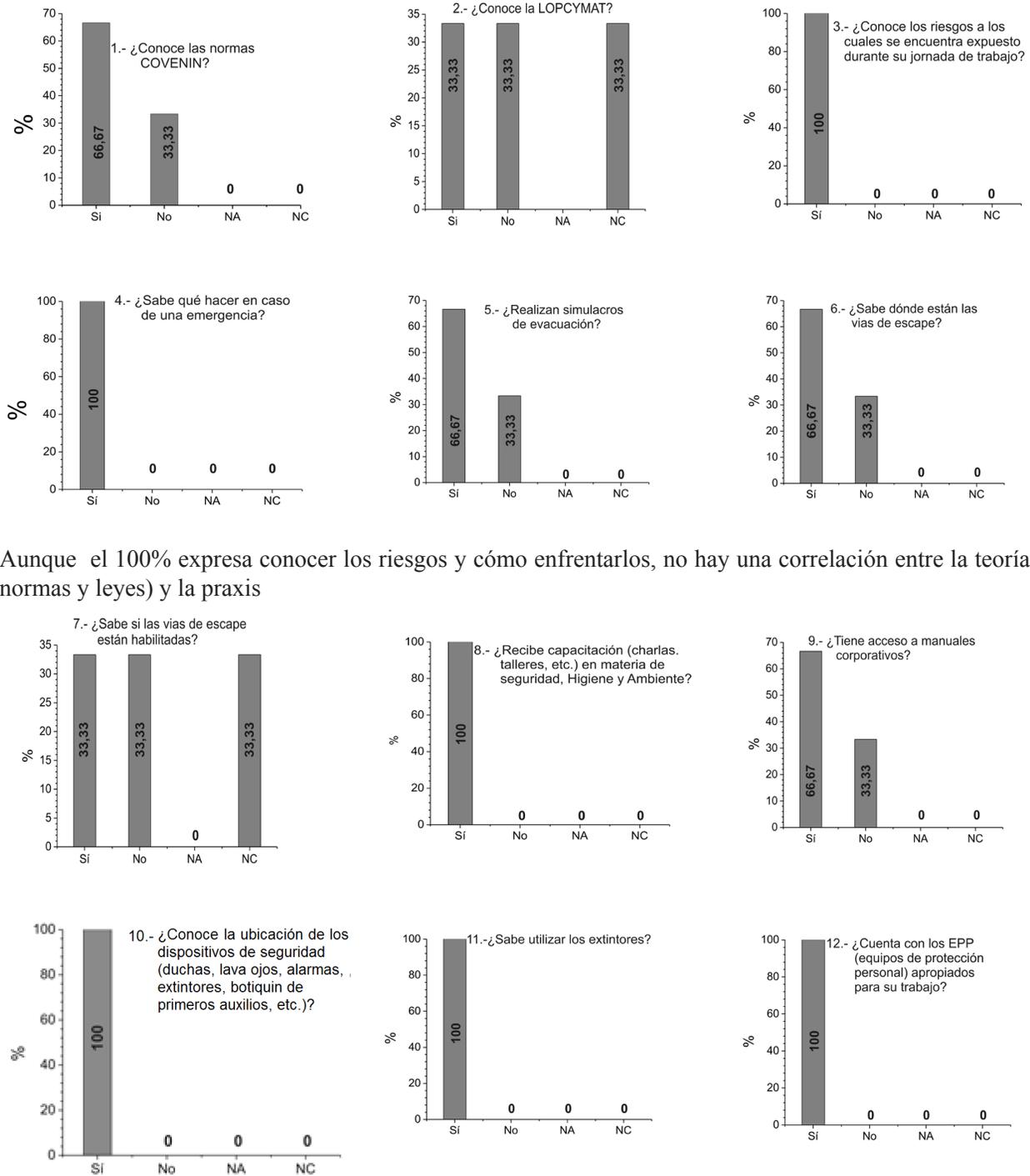
Al estudiar las diferentes prácticas operativas se detectaron de forma general los siguientes riesgos: equipos en movimiento, cargas suspendidas, contactos con superficies calientes, calor, ruido, gases, polvos, choque térmico, salpicaduras de metal y baño líquido, radiaciones no ionizantes, choque eléctrico; con las siguientes consecuencias: Colisiones, arrollamiento y lesiones traumáticas, traumatismos y lesiones severas, quemaduras, estrés calórico, hipoacusia, enfermedades respiratorias e irritación ocular, explosión por choque térmico y descargas eléctricas.

## V. CONOCIMIENTOS GENERALES EN MATERIA DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Las encuestas se aplicaron en las diferentes áreas de la planta, ya que era importante involucrar a los

trabajadores e indagar los conocimientos generales que se tenía en materia de higiene y seguridad.

Como los riesgos que se presentan en las diferentes áreas no son iguales, vamos a presentar sólo los resultados obtenidos en el área de estudio (reducción) con el fin de determinar si en esta área específica, los trabajadores fueron capaces de distinguir los riesgos inherentes a su entorno y actividad. A la hora de realizarse los planes de higiene y seguridad, hay que involucrar a todas las áreas. Todos los trabajadores son importantes, y todas las áreas deben ser controladas y las personas deben estar conscientes de sus riesgos, por mínimos que puedan parecer. A los efectos de este trabajo, nos restringiremos al área de baño electrolítico, con una muestra de 25 entrevistados (Figura 2).



Aunque el 100% expresa conocer los riesgos y cómo enfrentarlos, no hay una correlación entre la teoría (las normas y leyes) y la praxis

Figura 2. Conocimientos generales en materia de higiene y seguridad.

De acuerdo al grupo de respuestas de 9 a 12, el área de reducción cuenta con un personal muy bien entrenado, bien atendido, aunque un tercio de ellos no tenga acceso a los manuales operativos. Un tercio de los encuestados en el área de reducción ha desarrollado alguna enfermedad ocupacional o ha sufrido accidentes

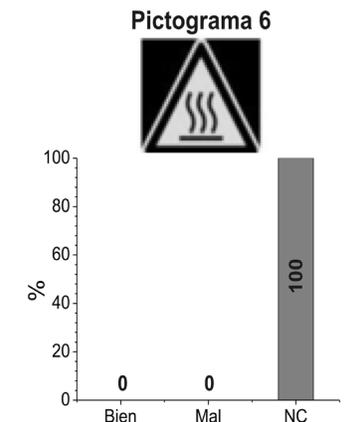
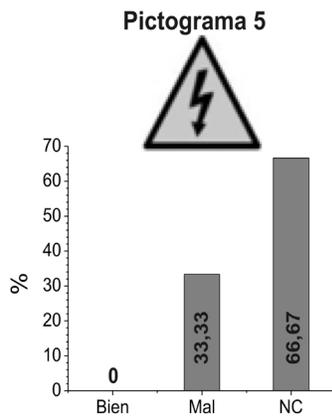
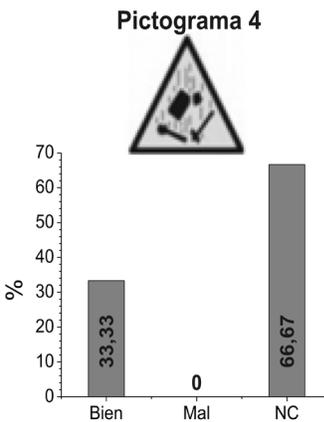
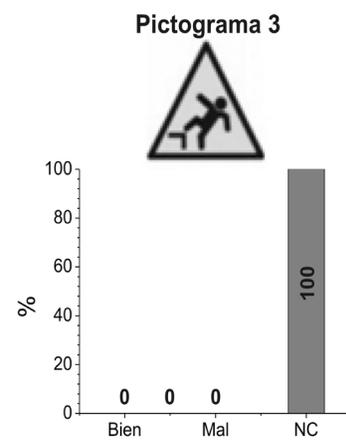
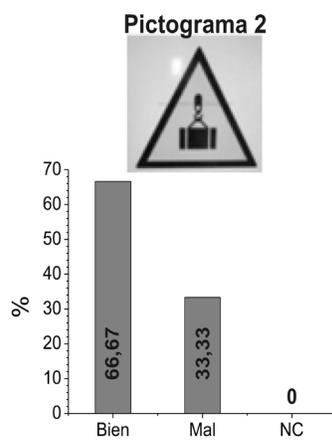
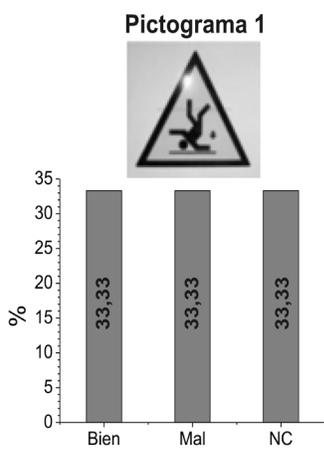
laborales, aunque el 100% de ellos reconoce que los EPP son reemplazados periódicamente, por lo que se podría atribuir estas enfermedades o bien al uso inadecuado de los EPP, o bien a factores disergonómicos, tales como adopción de malas posturas, sobreesfuerzos, trabajos repetitivos, o factores psicosociales que conllevan a

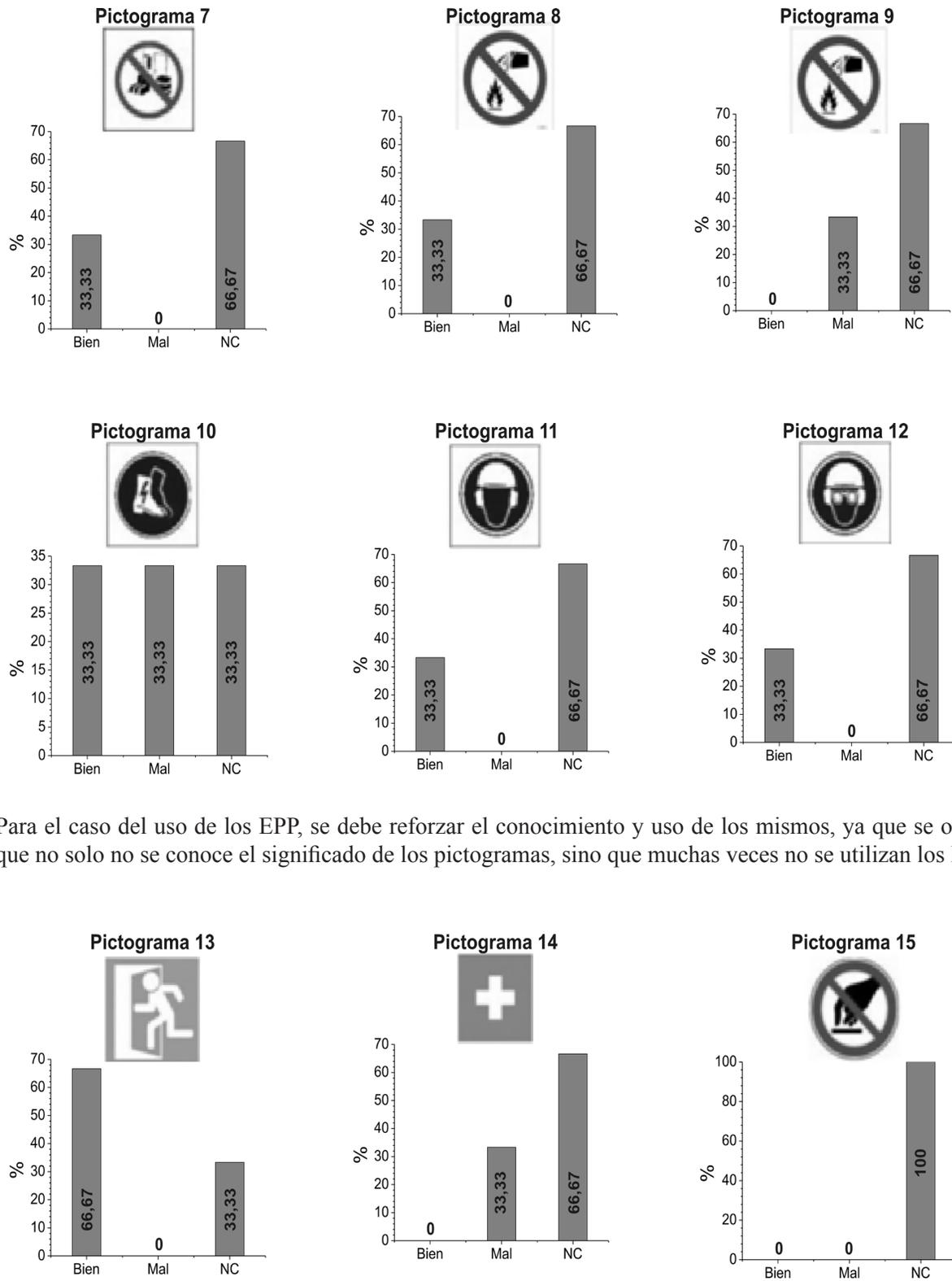
actos inseguros o condiciones inseguras que pudiera desencadenar accidentes laborales o enfermedades ocupacionales en este caso.

A pesar de que los servicios de seguridad y salud laboral están a la disposición de todo el personal, y tomando en cuenta el hecho de que debe haber una interacción permanente entre los dos (servicio y trabajador) llama la atención el hecho de que una cifra tan alta de trabajadores no conozcan de su existencia. Es importante capacitar al personal

en cuanto a los riesgos específicos de su trabajo y de su área de trabajo, ya que toda actividad genera riesgos que si bien pueden mantenerse controlados están presentes. Dos tercios de los encuestados están conscientes de que su trabajo genera contaminantes que pudiesen afectar su salud mientras el 33.33% restante a pesar de estar consciente de que dichos contaminantes (vapores y polvos) pueden afectar al medio ambiental, no creen que puedan afectar su salud. Todos manifestaron que sus actividades tienen un impacto ambiental

**Conocimiento de los Pictogramas:**





Para el caso del uso de los EPP, se debe reforzar el conocimiento y uso de los mismos, ya que se observó que no solo no se conoce el significado de los pictogramas, sino que muchas veces no se utilizan los EPPs.

Figura 3. Conocimiento de los Pictogramas

Se puede observar que la mayoría de los trabajadores conoce el significado de las vías de escape, sin embargo, los encuestados no reconocen el símbolo de botiquín de primeros auxilios, ni el símbolo de no tocar.

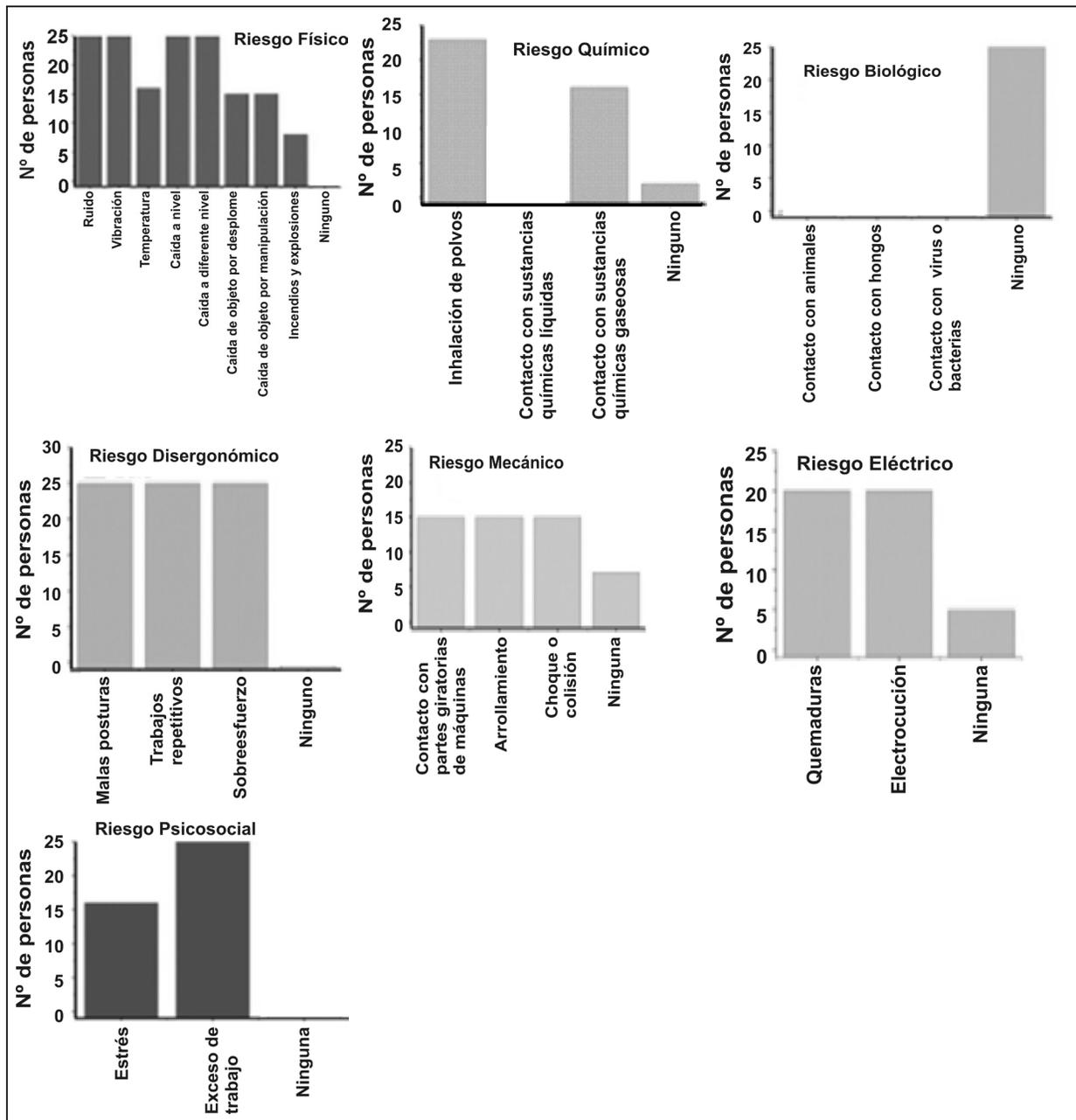


Figura 4. Riesgos en los puestos de Trabajo

A pesar de que en las preguntas anteriores la mayoría de los encuestados, no pudo identificar de forma correcta los diferentes pictogramas de seguridad, sí pudieron en este caso identificar de forma correcta los riesgos a los cuales se encuentran expuestos. Sin embargo, es necesario recalcar que uno de los riesgos más importantes presente en esta área es el de altas temperaturas y contacto con sustancias químicas líquidas.

### Lesiones Frecuentes

Entre los accidentes más frecuentes que se presentan en su área de trabajo se encuentran: (a) Leves: Golpes, esguinces, cortes, contusiones. (b) Medios: Quemaduras, y fracturas (c) Graves: amputaciones, quemaduras, electrocución y muerte

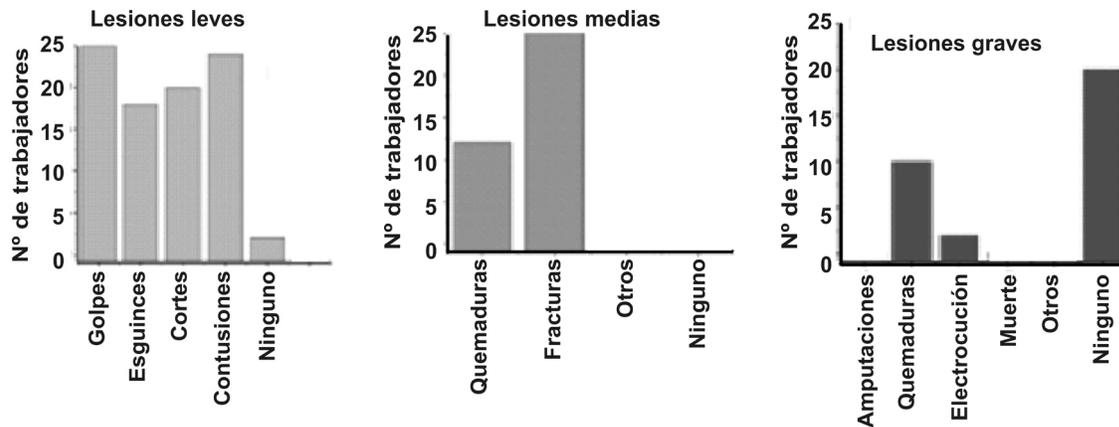


Figura 5. Lesiones frecuentes en los sitios de Trabajo.

A pesar de que los encuestados manifestaron un nivel alto de accidentes con fracturas, de acuerdo a las actividades realizadas en esta área y al ambiente de trabajo deberían ser más frecuentes las quemaduras o enfermedades respiratorias. Es importante estudiar las causas de fracturas, ya que estas se podrían haber originado en otras áreas de la empresa o realizando alguna otra actividad dentro de la empresa.

### Propuestas de mejoras

De acuerdo a los resultados obtenidos, se considera pertinente hacer las siguientes recomendaciones a la empresa, para su consideración:

#### Aspectos generales

##### *Sugerencias para la optimización de la política de seguridad higiene y ambiente*

Para realizar una labor apropiada dentro de la empresa, es necesario, la creación de una política integral que involucre las áreas de seguridad, higiene y ambiente. Una vez que se hayan establecido las políticas de prevención, se deberá establecer mecanismos de control que permitan verificar si los objetivos se cumplen.

##### *Pasos imprescindibles a seguir en la industria del aluminio en materia de seguridad e higiene.*

- Implementar sistemas de extracción localizada y ventilación adecuados para cada área de trabajo.
- Realizar verificaciones de los respiradores por

personal calificado, reemplazándolos si es necesario, e implementando charlas de uso.

- Se debe asegurar el desarrollo y ejecución de programas de prevención de accidentes asociados con los procesos productivos y administrativos de la empresa, y promover campañas que contribuyan a la concientización de los trabajadores en lo referente a los riesgos en el área de trabajo.
- Incrementar la conducta preventiva de los trabajadores en las áreas operativas.
- Incrementar la calidad de gestión de seguridad en las diferentes áreas
- Elaborar Análisis de Seguridad en las Tareas (AST).
- Elaborar Análisis de Riesgos para tareas no rutinarias
- Aplicar matrices de Observación de Conducta Segura a todas las nóminas.
- Realizar talleres de entrenamiento sobre cómo alcanzar las conductas seguras.
- Efectuar revisión de las Normas y Procedimiento de higiene y Seguridad para actualizar las existentes.
- Elaborar análisis de accidentes de las áreas críticas y divulgarlos.
- Elaborar y divulgar material educativo y de información en materia de prevención de accidentes.
- Dotar de Equipos de Protección Personal apropiados y de nueva generación, que permitan la protección total del trabajador contra factores de riesgos presentes en las áreas.
- Capacitar de forma efectiva y oportuna al trabajador minimizando las prácticas inseguras y la ocurrencia de eventos accidentales.

- Minimizar los impactos ambientales al corregirse oportunamente condiciones sub-estándares que podrían estar asociadas a aspectos ambientales de la empresa.
- Planificar actividades para el Control de Riesgos
- Llevar un control de entrada y salida de personas dentro del área
- Construir mapas de riesgo para las distintas áreas, así como también mapas de evacuación.

En general, se sugieren las siguientes mejoras en las actividades cotidianas de la empresa:

#### *Transporte de la alúmina*

El transporte de alúmina y aditivos son llevados de forma manual a las celdas, sin embargo, las plantas reductoras de aluminio modernas, utilizan sistemas de transporte neumático para el suministro de la alúmina y aditivos como el fluoruro de aluminio. Estos sistemas han demostrado ser más eficientes para el manejo de la alúmina y aditivos y permiten minimizar las pérdidas de material por derrames, lo cual facilita un ambiente de trabajo más limpio. Se podría considerar conveniente la adquisición de estos equipos.

#### *Plantas de tratamiento*

Las plantas de tratamiento de gases (PTG) son un componente fundamental en las plantas de reducción electrolítica de aluminio, para el cumplimiento de las normativas ambientales que buscan evitar la contaminación del aire por sustancias nocivas o tóxicas. Estas plantas además de minimizar la emisión de sustancias al ambiente, permiten recuperarlas y reciclarlas, reduciendo costos en la compra de insumos y materias primas. Actualmente la mayoría de las PTG de la empresa se encuentran fuera de servicio, o no se les realiza el mantenimiento adecuado, por lo que se sugiere, la puesta en marcha de las mismas y el adecuado mantenimiento (preventivo).

#### *Compactación de pasta catódica*

En la tarea específica de compactación de la pasta catódica empleada en el revestimiento de las celdas, se observa a los trabajadores realizando trabajos repetitivos y sobreesfuerzos. Actualmente, a nivel mundial se cuenta con equipos de compactación, y la implementación de este tipo de equipo dentro de la empresa, mejoraría la ergonomía de los trabajadores que realizan el proceso de compactado, ya que el

mismo disminuirá el impacto del peso y el esfuerzo sobre los trabajadores. También garantizaría la presión de compactación adecuada en las paredes y en las ranuras entre los cátodos. Debe también incorporarse equipos de protección personal que disminuya la inhalación de los gases y polvos emanados durante el proceso.

#### *Cascos de celdas*

En general los cascos de las celdas sufren considerables deformaciones debido a los diferentes ciclos de operación. Estas afectan el proceso de instalación de nuevos materiales de revestimiento para otro ciclo de operación, lo cual a su vez impacta negativamente al ciclo de vida útil de las celdas. Actualmente, existen equipos enderezadores de cascos, garantizando la configuración geométrica apropiada de estos cascos, así como prevenir la sustitución temprana de los mismos, a la vez de disminuir los costos de reparación, y los tiempos de revestimiento.

#### *Sistema de grúas*

Las grúas utilizadas en las celdas de las plantas actuales en la empresa, pudiesen ser mejoradas, disminuyendo los posibles riesgos como es el caso de la colocación de cabina de mando y equipos auxiliares que incrementen el grado de ergonomía de las operaciones.

#### *Hermeticidad de las celdas*

Se debe optimizar la hermeticidad de las celdas, mejorándose así la calidad de vida de los trabajadores de reducción, a la vez que se incrementaría la recuperación de electrolitos, disminuyendo el impacto ambiental y aumentando la eficiencia del proceso electrolítico. Se deben evaluar y mejorar los sistemas de tapas laterales, tapas frontales y tapas de trasegado de las celdas, considerándose requerimientos ergonómicos de operación, criterios de rigidez y durabilidad.

#### *Clasificación granulométrica*

En la tarea específica de clasificación granulométrica para tamizado de material de baño electrolítico, se sugiere el uso de una máquina vibratoria de tamices, ya que este procedimiento se realiza de forma manual provocando problemas ergonómicos en el personal, debido principalmente al gran número de muestras que se maneja (aproximadamente 500 diarias) lo que causa demoras en el procesamiento de las mismas.

### Desgaste de maquinarias

En toda empresa, como resultado del trabajo diario, las máquinas se desgastan, y la fiabilidad de los dispositivos de seguridad puede verse alterada, por lo que se recomienda realizar revisiones periódicas para poder detectar a tiempo esas posibles desviaciones evitando fallos incontrolados.

### Factor humano

Determinados factores de carácter tecnológico, económico y de organización del trabajo afectan el comportamiento y el bienestar de las personas en su lugar de trabajo. Habrá que tener en cuenta las características de cada persona, considerando los posibles riesgos disergonómicos a los cuales pueda estar expuesta o por lo cual, es conveniente evitar que las personas realicen trabajos adoptando posturas prolongadas por períodos largos de tiempo, las sillas y escritorios a su vez deberán estar ergonómicamente diseñados. Hay que evitar desplazamientos innecesarios mediante una racionalización en la distribución de equipos y trabajos a realizar. También hay que evitar trabajar en posiciones forzadas que son del todo ineficaces además de causa de lesiones osteomusculares. Es necesario minimizar las cargas de trabajo, empleando sistemas de transporte mecánicos y capacitando al personal en el levantamiento de cargas así como también, en los aspectos referentes a la higiene y seguridad.

### Sistema de indicadores de desempeño.

Se recomienda utilizar indicadores de desempeño que permitan llevar un control y verificar que se logren los objetivos o metas trazadas.

Existen tres criterios comúnmente utilizados en la evaluación del desempeño de un sistema, los cuales están muy relacionados con la calidad y productividad del mismo, estos criterios pueden ser aplicados en el campo de la seguridad de la siguiente forma:

1. Efectividad de la seguridad: Medida en que el sistema de Seguridad e Higiene Ocupacional cumple con los objetivos propuestos en el periodo evaluado relacionados con la prevención de accidentes y enfermedades y el mejoramiento de las condiciones de trabajo.
2. Eficiencia de la seguridad: Medida en que el sistema de Seguridad e Higiene Ocupacional emplea los

recursos asignados y estos se revierten en la reducción y eliminación de riesgos y el mejoramiento de las condiciones de trabajo.

3. Eficacia de la seguridad: Medida en que el sistema de Seguridad e Higiene Ocupacional logra con su desempeño satisfacer las expectativas de sus clientes (trabajadores y organización).

A continuación se describe un conjunto de indicadores para la evaluación del desempeño del sistema de seguridad e higiene ocupacional basado en los enfoques de efectividad, eficiencia y eficacia.

### Índice de Eliminación de Condiciones Inseguras (IECI)

$$IECI = \frac{CIE}{CIPE} \cdot 100 \quad (4)$$

CIE: Condiciones Inseguras eliminadas en el período analizado.

CIPE: Condiciones Inseguras Planificadas a eliminar en el período.

**Objetivo:** Mostrar en qué medida se ha cumplido con las tareas planificadas de eliminación o reducción de condiciones inseguras.

### Índice de accidentalidad (IA)

$$IA = \frac{(CA_2 - CA_1)}{CA_1} \quad (5)$$

CA2: Cantidad de accidentes en el período a evaluar.

CA1: Cantidad de accidentes en el período anterior.

**Objetivo:** Indicar el porcentaje de reducción de la accidentalidad con relación al período precedente.

### Índice de Mejoramiento de las Condiciones de Trabajo (IMCT)

$$IMTC = \left( \frac{CPEB}{TPE} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

CPEB: Cantidad de Puestos Evaluados de Bien en cuanto a condiciones de trabajo.

TPE: Total de puestos evaluados.

**Objetivo:** Reflejar en qué medida, el desempeño del sistema de Seguridad e Higiene Ocupacional, propicia

el mejoramiento sistemático de las condiciones de los puestos de trabajo a partir de la evaluación de cada puesto de trabajo seleccionado para el estudio mediante una lista de chequeo.

**Indicadores de eficiencia.**

**Eficiencia de la Seguridad (ES)**

$$ES = \frac{TRC}{TRE} \cdot 100 \tag{7}$$

TRC: Total de riesgos controlados.  
TRE: Total de riesgos Existentes.

**Objetivo del indicador:** Reflejar la proporción de riesgos controlados del total de riesgos existentes.

**Indicador de Trabajadores Beneficiados (TB)**

$$TB = \frac{TTB}{TT} \cdot 100 \tag{8}$$

TTB: Total de Trabajadores que se benefician con el conjunto de medidas tomadas.  
TT: Total de Trabajadores del área.

**Objetivo del indicador:** Reflejar la proporción de trabajadores que resultan beneficiados con la ejecución del plan de medidas.

**Índice de Riesgos No Controlados por Trabajador (IRNCT)**

$$ITRNCT = \frac{TRNC}{TT} \cdot k \tag{9}$$

TRNC: Total de Riesgos No Controlados.  
TT: Total de Trabajadores.  
k = 100, 10 000, 100 000... en dependencia a la cantidad de trabajadores de la empresa o área analizada, se seleccionará el valor inmediato superior más cercano.

**Objetivo:** Mostrar la cantidad de riesgos no controlados por cada k trabajadores, lo que refleja la potencialidad de ocurrencia de accidentes de trabajo en la organización

**Sistema de Indicadores de eficacia.**

**Índice de Satisfacción con las Condiciones de Trabajo (ISCT)**

Para los trabajadores directos o indirectos:

$$PSCT = Se \cdot Hi \frac{(Er + Bi + Es)}{3} \tag{10}$$

Para los trabajadores de oficina:

$$PSCT = Er \cdot Bi \frac{(Hi + Es + Se)}{3} \tag{11}$$

PSCT es el Potencial de Satisfacción con las Condiciones de Trabajo

Donde se considera la valoración por parte de los trabajadores de las Condiciones Ergonómicas (Er), de Seguridad (Se), Bienestar (Bi), Higiénicas (Hi) y Estéticas (Es) presentes en su lugar de trabajo.

Estos índices constituyen un paso intermedio en la obtención del indicador final, el cual se obtiene mediante la ecuación 12:

$$ISCT = \frac{PSCT}{PSCT_{m\acute{a}x}} \cdot 100 \tag{12}$$

PSCT máx = 125

**Objetivo:** Mostrar el nivel de satisfacción de los trabajadores con las condiciones en que desarrollan su labor obtenido mediante la aplicación de una encuesta.

**Coefficiente de Perspectivas (CP)**

$$CP = \frac{(A_+ - D_-)}{N} \tag{13}$$

A+: Respuesta positiva (Cantidad de marcas en ascenso).  
D-: Respuesta negativa (Cantidad de marcas en descenso).  
N: Suma total de respuestas positivas y negativas.

**Frecuencia relativa de perspectivas.**

Puede calcularse, además, la frecuencia relativa de perspectivas (FRp), que indica para todo escalón marcado el porcentaje que le corresponde del total de marcas, a través de la expresión:

$$FR_p = \frac{M_e}{N} \cdot 100 \tag{14}$$

Me: Cantidad de marcas en el escalón e (e = 1, 2,3,..., en ascenso o en descenso).  
N: Número total de marcas.

**Objetivo:** Mostrar cómo perciben los trabajadores la posibilidad de que la organización desarrolle acciones encaminadas a mejorar sus condiciones de trabajo.

Posteriormente se evalúa cada grupo de indicadores en Bien (B), Regular (R) y Mal (M) y teniendo evaluados cada uno de ellos, se da una evaluación final de la situación del sistema. El objetivo es, orientar la conducta de todas las personas que dentro de la empresa, tienen diferentes responsabilidades para alcanzar un fin común. Esto quiere decir que, para ser efectivo, debe involucrar todos los niveles para que se tomen decisiones que favorezcan a la seguridad.

### **Aspectos específicos para las prácticas operativas.**

#### **Precauciones de seguridad que se deben tomar al realizar las operaciones inherentes al proceso de reducción electrolítica.**

(1) Verificar que los equipos y herramientas sean los adecuados y se encuentren en buen estado. (2) Precalentar las herramientas antes de ponerlas en contacto con el metal o baño para evitar choques térmicos. (3) No manipular los bultos de varas verdes, para ello siempre se debe utilizar el montacargas. (4) Para suprimir un efecto anódico, seleccionar una vara larga que no se encuentre húmeda y que le permita quedar lo más retirado posible de la celda. (5) No arrojar desperdicios sobre los cabos y cestas, utilizar para ello la estiba destinada para tal fin. (6) Asegurarse que sólo estén fuera las tapas de la celda donde se va a realizar los trabajos. (7) En caso que en la celda se presente un efecto anódico, suspender cualquier chequeo u operación y proceder a realizar los pasos descritos en la práctica correspondiente. (8) No colocar la tapa frontal de la celda en contacto con el piso metálico y el flexible cuando realice operaciones en las celdas P-19 (9) No adicionar material que presente humedad, a fin de evitar salpicaduras de baño o metal por choques térmicos que puedan ocasionar quemaduras. (10). Al momento de realizar operaciones por el pasillo ancho mantenerse alerta del movimiento realizado por la grúa o el montacargas. (11) No arrojar desperdicios sobre la cubierta de los ánodos. (12) No realizar mediciones en la celda cuando la grúa esté trabajando en ella. (13) Limpiar la varilla de medir baño y metal golpeándola con cuidado contra el yugo de los ánodos de esquina de ambos pasillos nunca se debe golpear con el piso. (14) Realizar la adición de material (criolita, baño frío, fluoruro de aluminio, etc) después de la operación de trasegado en la celda programada. (15) Para la adición de más de un saco de fluoruro de aluminio o criolita en una celda, hacerlo en forma gradual a fin de facilitar su disolución. (16) Antes de comenzar con la operación de banqueo de ánodos, asegurarse de que la tolva de la grúa esté completamente llena. (17) Antes de levantar el cabo

ó el ánodo, verificar que la pinza de la grúa tenga bien sujeta la varilla y la grapa. (18) Asegurarse de que el carrito medidor de ánodos esté en buen estado. (19) Tomar la medida de referencia del plano anódico del cabo en forma longitudinal y cuando éste repose completamente en el carro para medir ánodos. (20) No colocar los cabos calientes ni los ánodos en el suelo. (21) Asegurarse de que la celda y la letra o el número del ánodo a cambiar sea el correcto (22) asegurarse de que los ánodos no presenten desprendimiento de la esquina inferior, huecos, rajaduras, varilla floja, escoriada o doblada. (23) Nunca hacer contacto simultáneamente con la grúa y la celda. (24) Recolectar los desechos sólidos derivados de la actividad descrita (guantes, trapos, mascarillas, etc.) y depositarlo en los contenedores presentes en el área destinados para tal fin. (25) Asegurarse de que en el sitio de trabajo no se encuentren personas ajenas a las actividades que se realizan. (26) En caso que no se entienda alguna operación o no se esté seguro de realizarla en forma correcta, se debe consultar al Supervisor. (27) Utilizar los equipos de protección personal.

#### **Precauciones de seguridad que se deben tomar al realizar las operaciones de trasegado.**

(1) Utilizar los equipos de protección personal. (2) Verificar que los equipos y herramientas sean los adecuados y se encuentren en buen estado. (3) Asegurarse de que las herramientas y el sifón de la tapa de trasegado del crisol sean precalentadas antes de introducirlos en el baño de metal. (4) Mantenerse alerta cuando la grúa esté trasladando el crisol para evitar posibles accidentes y No trasegar la celda al momento de presentar un efecto anódico. (5) Al romper la costra con la ploga de la grúa, tener cuidado de no hacer contacto con la pared, o con la tapa superior (tapa basculante) de la celda. (6) Siempre que se esté trasegando, el crisol debe quedar levemente suspendido del nivel del piso, para que el peso de la balanza sea exacto. (7) Cuando se realice operaciones en las celdas P-19 no colocar la tapa frontal de la celda en contacto con el piso metálico y el flexible. (8) Cuando la grúa esté haciendo algún movimiento con el crisol no subirse en éste. (9) No se debe subir a la carreta porta crisol cuando la grúa esté haciendo algún movimiento. (10) Hacer uso de la sirena o corneta cuando traslade el crisol hacia la celda a trasegar o hacia los pasillos. (11) Cualquier anomalía que note en el funcionamiento de la grúa o del conjunto tapa-crisol se debe notificar de inmediato al Supervisor. (12) Asegurarse de que en el sitio de trabajo no se encuentren personas ajenas a las actividades que se realizan. (13) Si no se entiende alguna operación o no

se está seguro de realizarla en forma correcta, se debe consultar al Supervisor. (14) Asegurarse que los canales de vaciado a utilizar se encuentren limpios y libre de humedad. (15) Asegurarse de que la celda esté en control automático de voltaje para realizar la operación de trasegado de metal. (16) Recolectar los desechos sólidos derivados de la actividad (guantes, trapos, mascarillas, etc.) y depositarlos en los contenedores presentes en el área identificados para tal fin.

### **Precauciones de seguridad que se deben tomar al realizar las operaciones de trasegado:**

(1) Utilizar los equipos de protección personal. (2) Verificar que los equipos y herramientas sean los adecuados y se encuentren en buen estado. (3) Presurizar el sujetador de ánodos, antes de iniciar actividades, a fin de evaluar fugas y accionamiento del sistema. (4) La operación de subida de puente debe ser ejecutada obligatoriamente en presencia del supervisor. (5) Asegurarse de que la celda tenga todas las tapas en buen estado y bien colocadas. (6) Antes de realizar la operación de subida de puente chequear que no haya grapas dañadas, jotas dañadas, diamantes erosionados o varillas dobladas; en caso de que existan, informe al Supervisor. (7) Verificar la disponibilidad de varas verdes en el lugar donde se realizará la operación. (8) Asegurarse de abrir un orificio con la barra de acero por el área del pasillo ancho o el angosto que permita suprimir un efecto anódico en caso que éste ocurra durante la operación de subida de puente. (9) Verificar la limpieza del área de trabajo y que se realicen las actividades de segregación, recolección e identificación de los desechos que se generen durante la actividad. (10) Si no entiende alguno de los pasos indicados o no está seguro de realizar la operación correctamente, consultar con el Supervisor. (11) Si existen orificios obstruidos o volcanes sobre la costra del baño en los puntos de alimentación, corregir antes de realizar la operación de subida de puente. (12) Verificar la condición del banqueo por la periferia y si existen llamas fuertes que puedan debilitar las tapas y ocasionar un accidente, banquear hasta eliminar dicha condición antes de realizar la operación de subida de puente.

## **VI. CONCLUSIONES**

Después de haberse realizado el estudio en materia de higiene y seguridad industrial en el área de reducción, utilizando las diferentes técnicas de recolección de datos, se pudo detectar algunas debilidades en las

diferentes áreas, en cuanto a organizaciones internas de prevención, trabajador, medio ambiente de trabajo y medios de trabajo: Se pudo observar como punto principal el desconocimiento en gran parte del personal de Higiene y Seguridad de las reacciones químicas y electroquímicas que se están generando en cada paso del proceso de reducción y de qué pudiese pasar si se cambian las condiciones del proceso en un determinado punto, y qué nuevos contaminantes se pudiesen generar. Se debe tener en cuenta el hecho de que es sumamente importante que el personal de higiene y seguridad se capacite en cuanto a las reacciones químicas y electroquímicas que ocurren durante el proceso y que estén preparados y sean capaces de reconocer otras posibles reacciones que puedan surgir en determinado punto del proceso bajo condiciones especiales y que generan contaminantes distintos a los habituales que pueden afectar o bien al personal o bien al medio ambiente. Parte del problema pudiera ser el conocido secreto o confidencialidad de manufactura, que no debe existir entre la gerencia de procesos y la gerencia de Higiene y Seguridad. Actualmente la ley orgánica de prevención, condición y medio ambiente de trabajo y su reglamento, permite o le da el derecho a los delegados de prevención a conocer dicho secreto de manufactura, con la obligatoriedad de su no difusión, esto debe aplicarse más aún a los expertos y personal del ahora conocido servicio de seguridad y salud en el trabajo que está conformado por especialistas en el área de higiene, seguridad, medicina ocupacional y otros, que en conjunto trabajan para garantizar un ambiente laboral seguro. Al igual que el personal de higiene y seguridad, hubo algunos operadores de celdas que tampoco conocían las reacciones que ocurrían dentro de las celdas. Esta situación es grave, ya que durante circunstancias especiales de funcionamiento de las celdas, ocurre, por mencionar una de las desviaciones de las celdas, el llamado efecto anódico, que se da cuando se agota la alúmina en el baño electrolítico. Se forma una película delgada de tetrafluoruro de carbono sobre el ánodo, de modo que el baño no moja su superficie sino que hay una envoltura gaseosa continua que cubre la totalidad de la superficie de contacto entre cada ánodo y el electrolito, pasando una corriente a través de esta capa en forma de chispas o arcos, causando una elevación abrupta en el voltaje de la celda. Como resultado es liberado oxígeno en el ánodo y el depósito de aluminio en el cátodo. Si se hace un análisis químico se demuestra que durante el efecto anódico el gas producido es CO puro y en otras oportunidades CO<sub>2</sub> ninguno de los dos (personal de higiene y seguridad ni el operador de la celda) pudieron

identificar las reacciones que estaban ocurriendo dentro de la celda, lo cual es preocupante, ya que al estudiar dichas reacciones electroquímicas, se verificó que se estaban generando tres contaminantes adicionales como son: CO,  $CF_4$  y  $CF_6^{2-}$ . El CO, además de ser un contaminante ambiental, también tiene efectos nocivos a la salud por lo cual debe tomarse en cuenta como riesgo ocupacional durante ésta actividad.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Postgrado Interdisciplinario de ElectroQuímica Fundamental y Aplicada (PEFAP) de la ULA por apoyar esta investigación.

## REFERENCIAS

- [1] Ministerio de minas e hidrocarburos, Dirección de minas y de geología La industria minera en Venezuela: situación y perspectivas para el desarrollo nacional. Caracas- Venezuela, 1971.
- [2] Turpial J "Minerales de Aluminio. Fabricación de Alúmina (Proceso Bayer). Fabricación del Aluminio (Proceso Hall-Hérault)". UNEXPO 1985.
- [3] Hufnagel, W. Manual del Aluminio, 2ª edición, Editorial Reverté, S.A Barcelona - España 1992.
- [4] Pletcher D, Walsh F, "Industrial electrochemistry". Blackie Academic & Professional Ed., 2nd Ed., ISBN: 0 75140148 X, London 1993.
- [5] Walsh Frank. A first course in Electrochemical Engineering. 2nd edition. The electrochemical consultancy Ed., ISBN 0 9517307 1 1, England, 1993.
- [6] Mujilónov A. Tecnología química general vol. 2 Editorial Mir Moscú 1985.
- [7] Giraldo A. "Seguridad industrial: Charlas y experiencias para un ambiente seguro". Ecoe Ed., Bogotá, Colombia, ISBN: 978-958-648-547-0, 2008.
- [8] Reglamentos de las condiciones de Higiene y Seguridad en el trabajo, Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 1.631 extraordinario del 31 de diciembre de 1973.
- [9] Montgomery D, Runger G. "Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería". Ed. Mc Graw Hill, Sexta Edición. México 1996.
- [10] Benavides F, Ruiz C.,García A. "Salud laboral: Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales" (2ª ed.), Masson S.A.,ISBN: 84-458-1002-2, 2000.
- [11] UNE 819505 Prevención de riesgos laborales. Guía para la implantación de un sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales. España, 1996.