

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA  
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**TRABAJO DE TÍTULO DE MEJORAMIENTO DE PROCESOS EN EMPRESA  
CONTRATISTA AXINNTUS EN DIVISIÓN CODELCO VENTANAS**

Trabajo de Titulación para optar al  
Título de Técnico Universitario en  
Minería y Metalurgia

Alumnos:

Phillip Gerard Le Blanc Herrera

José Andrés Fernández Sierra

Profesor Guía:

Sr. Luis Gutiérrez Meneses

## **DEDICATORIA**

Decir gracias a nuestros familiares, profesores y compañeros ya que han sido siempre la razón que impulsan nuestros sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a nuestro lado en los días y noches más difíciles durante los años de estudio.

## **RESUMEN**

**KEYWORDS:** ESTANDARIZAR – PREPARACIÓN – EMBARQUE – TIEMPOS

El presente trabajo tiene como objetivo central el mejorar y estandarizar la operación de la preparación y embarque de productos y subproductos de la empresa Axinntus Servicios Industriales Ltda. en la División Codelco Ventanas.

La metodología planteada en este trabajo demuestra que mediante un análisis sistemático se identificaron y readecuaron las actividades en la operación, lográndose un impacto en los tiempos de ejecución. Este mejoramiento es especialmente relevante en la actualidad, ya que las empresas buscan optimizar sus tiempos de producción, motivada por la demanda y el valor del cobre.

La empresa cuenta con una flota de grúas horquillas de 3,5 toneladas a gas, que están encargadas de la operación de las dos principales áreas de la empresa, que son la preparación y embarque de productos y subproductos.

Para cumplir con los objetivos propuestos se analizó el proceso productivo y se propuso mejoras a los estándares operativos existentes. Luego a partir de esta información se realizó un rediseño del proceso productivo actual, a partir de la aplicación de metodologías simples.

El trabajo está compuesto de tres capítulos en donde se ve en detalle las propuestas planteadas:

- El capítulo 1 identificar los antecedentes generales mediante la descripción de los procesos de la empresa.
- El capítulo 2 busca priorizar los problemas mediante tablas y diagramas de Pareto.
- El capítulo 3 esta para desarrollar una propuesta de mejora evaluando la situación para generar un plan de inversión.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES</b>	<b>10</b>
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES</b>	<b>11</b>
1.1.1. Preparación	12
1.1.2. Armado de paquetes	16
1.1.3. Enzuchado y pesaje	17
1.1.4. Despacho	17
1.1. TABLAS DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN	19
1.2. PERSONAL Y MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN	21
1.3. CANTIDAD DE PRODUCCIÓN NECESARIA	22
<b>CAPÍTULO 2: PRIORIZAR LOS PROBLEMAS</b>	<b>24</b>
<b>2. PRIORIZAR LOS PROBLEMAS</b>	<b>25</b>
2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS TIEMPOS DE MUDA DE LOS PROCESOS EN DONDE SE MUESTRAN LOS PROBLEMAS DE TIEMPO	28
2.2. TABLAS DE TIEMPOS DE MUDAS	29
2.3. PRIORIZACIÓN DE LOS PROBLEMAS PLANTEADOS	31
<b>CAPÍTULO 3: DESARROLLAR UNA PROPUESTA DE MEJORA EVALUANDO LA SITUACIÓN</b>	<b>36</b>
<b>3. DESARROLLAR UNA PROPUESTA DE MEJORA EVALUANDO LA SITUACIÓN</b>	<b>37</b>
3.1.1. Cantidad de grúas en bodega	37
3.1.2. Rupturas y daño de cinceles	40
3.1.3. Calidad del enzunchamiento de cátodos	41
3.1.4. Movimiento de barrera dura	42
3.1.5. Máquina tarjadora	43
3.1.6. Escobillado patio de cátodos	45
3.1.7. Mantenimiento de las grúas horquillas	45
3.2. INVERSIÓN FINAL	46
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>48</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>50</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>51</b>

## **INDICE DE FIGURAS**

- Figura 1-1. Representación del patio de cátodos empresa contratista "AXINNTUS"
- Figura 1-2. Representación de bodega de cátodos con sus respectivos sectores
- Figura 1-3. Diagrama de flujo de los procesos por los que pasa un cátodo
- Figura 1-4. Fotografía del proceso de la llegada de cátodos
- Figura 1-5. Fotografía del proceso de limpieza con agua a presión
- Figura 1-6. Fotografía del proceso de recuperación con máquina neumática
- Figura 1-7. Fotografía del proceso de inspección y escobillado
- Figura 1-8. Fotografía del proceso de Lavado en cubas
- Figura 1-9. Fotografías del proceso armado de paquetes
- Figura 1-10. Fotografías de los procesos del pesaje y enzunchado
- Figura 1-11. Fotografía de grúa horquilla, transportando los cátodos a un camión
- Figura 1-12. Fotografía trabajadores Axinntus
- Figura 2-1. Fotografía de grúa horquilla
- Figura 2-2. Fotografía de auxiliares tarjando cátodos de cobre
- Figura 2-3. Fotografía del suelo de patio de cátodos
- Figura 2-4. Fotografía de caída de cátodos
- Figura 2-5. Fotografía de plaga de animales en bodega
- Figura 2-6. Fotografía de los zunchos de metal
- Figura 2-7. Diagrama de Pareto en segundos
- Figura 3-1. Fotografía de código en paquete de cátodos grado A

## **INDICE DE TABLAS**

- Tabla 1-1. Promedio de tiempo del proceso de la llegada de cátodos
- Tabla 1-2. Promedios de tiempo del proceso de la limpieza con agua y la cantidad de cubas limpiadas
- Tabla 1-3. Promedio de tiempo del proceso del proceso de recuperación en limpiar una cuba
- Tabla 1-4. Promedio de tiempo del proceso de inspección y escobillado en limpiar una correa de cátodos
- Tabla 1-5. Promedio de tiempo del proceso lavado químico
- Tabla 1-6. Promedios de tiempo del proceso de armado de paquetes
- Tabla 1-7. Promedios de tiempo del proceso de enzunchado
- Tabla 1-8. Promedios de tiempo del proceso de pesaje de cátodos
- Tabla 1-9. Promedios de tiempo del despacho, en donde se clasifica de acuerdo a que sector sacan los cátodos y cuantas grúas están despachando
- Tabla 2-1. Promedio de tiempo de muda del proceso de la llegada de cátodos
- Tabla 2-2. Promedio de tiempo de muda del proceso lavado químico
- Tabla 2-3. Promedios del tiempo que demora en transportar los cátodos a la bodega
- Tabla 2-4. Promedios de tiempos de muda del proceso de enzunchado
- Tabla 2-5. Promedios de tiempos de muda del proceso de pesaje de cátodos
- Tabla 2-6. Promedios de tiempos de muda del despacho en donde se clasifica de acuerdo a de que sector sacan los cátodos y cuantas grúas están despachando
- Tabla 2-7. Problemas de procesos de los cátodos de cobre en orden del flujo de producción
- Tabla 2-8. Tabla de Pareto del tiempo de los problemas de procesos de los cátodos de cobre
- Tabla 2-9. Problemas planteados en orden de su prioridad para el próximo capítulo
- Tabla 3-1. Tiempos de carga dependiendo del horario de trabajo
- Tabla 3-2. Camiones cargados el mes de febrero
- Tabla 3-3. Promedios por camión mes de marzo
- Tabla 3-4. Numero de cinceles ocupados
- Tabla 3-5. Cuadro de costos
- Tabla 3-6. Cuadro de ganancias adicionales

## **SIGLA Y SIMBOLOGÍA**

### **A. SIGLA**

ER: Electrorefinación (Este proceso se lleva a cabo en las celdas electrolíticas en donde se ponen alternadamente un ánodo de cobre blíster y un cátodo inicial de cobre puro en una solución de ácido sulfúrico. A esta instalación se le aplica una corriente eléctrica continua de baja intensidad, que hace que se disuelva el cobre del ánodo y se deposite en el cátodo inicial, lográndose cátodos de 99,97% de pureza mínima).

EW: Electrowinning o Electroobtención (proceso electrometalúrgico que se realiza en celdas electrolíticas, donde se disponen alternadamente un ánodo (placa de plomo o de acero inoxidable) y cátodos (placa de acero inoxidable) dentro de la solución electrolítica previamente concentrada. Las placas metálicas están conectadas, formando un circuito en que la corriente entra por los ánodos (polo positivo), viaja a través del electrolito y sale por los cátodos. El proceso se realiza mediante la aplicación de una corriente eléctrica de baja intensidad, la cual provoca que los cationes de Cu de carga +2 ( $\text{Cu}^{+2}$ ) sean atraídos hacia el polo negativo o cátodo y se depositen sobre éste en forma metálica y de carga cero ( $\text{Cu}^0$ ), con una pureza de 99,99% cobre).

Grado A: Cátodos de cobre 99,99%.

STD 1: Rechazo de cátodos de cobre de acuerdo a calidad química y física.

GLP: Gas licuado de petróleo.

CLP: Peso chileno.

### **B. SIMBOLOGÍA**

kg: Kilogramo

h: Hora

cm: Centímetro

## **INTRODUCCIÓN**

El movimiento de materiales en la industria es una actividad fundamental en toda cadena productiva pues incide directamente en la productividad y los costos de operación. Dado que muchas veces su operación no es gestionada adecuadamente, se generan procesos ineficientes y altos costos de operación.

Esta empresa es contratada por Codelco, por lo cual Codelco necesita de los servicios de la empresa Axinntus en el apartado de poder recibir el cobre llegado de los procesos metalúrgicos, generar un plan de limpieza con la finalidad de procesar y refinar los cátodos de grado A, enzuncharlos y despacharlos a los camiones para su comercialización, con esto ya explicado, Codelco le pide a la empresa Axinntus ciertos parámetros que tienen que seguir relacionados con su contrato.

La problemática a solucionar, será encontrar la manera de aumentar la ganancia de la empresa por el aumento de la producción y reducir el castigo económico hacia la empresa contratista Axinntus, por parte de Codelco debido a atrasos en el patio y bodega de toneladas de cobre (5 UF y/o 0,5 - 5% de la facturación).

## **OBJETIVOS**

Este trabajo, tiene como objetivo general, mejorar los procesos y tiempos de producción de la empresa contratista Axinntus, a través de una planificación por medio de un proyecto económico, para aumentar la producción e intentar reducir las multas por incumplimiento de los criterios por parte de Codelco.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Identificar los procesos de producción de la empresa mediante tablas y un diagrama de flujo indicando problemas asociados al tiempo.
- Priorizar los problemas detectados en el proceso de producción mediante tabla de Pareto, proponiendo posibles soluciones a los problemas más críticos.
- Evaluar las posibles soluciones de acuerdo a indicadores económicos estableciendo la mejor alternativa de la inversión.

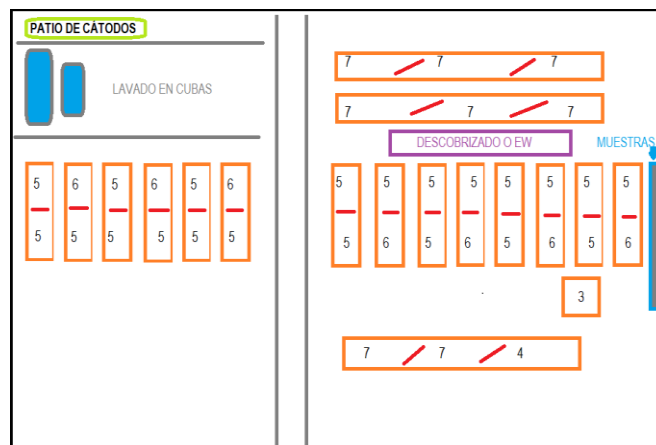
## **CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES**

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

Los procesos de producción de esta empresa son 4 principales, en donde deben preparar cátodos ER (los más comunes que pueden ser Grado A y STD 1), cátodos EW, cátodos de representación y subproductos (restos de ánodos, láminas y despuntes de cobre).

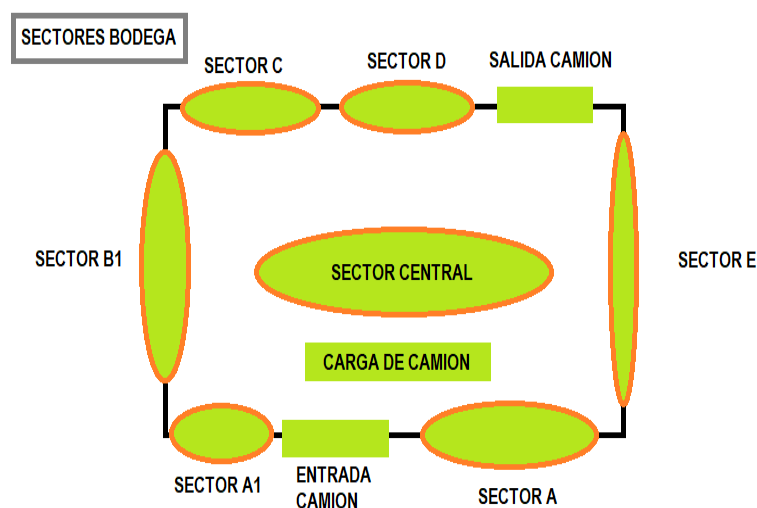
- Preparación
- Armado de paquetes
- Enzunchado y pesaje
- Despacho

En donde la preparación y el armado de paquetes, se lleva a cabo en el patio, mientras que el pesaje y enzunchado y el despacho, se lleva a cabo en la bodega.



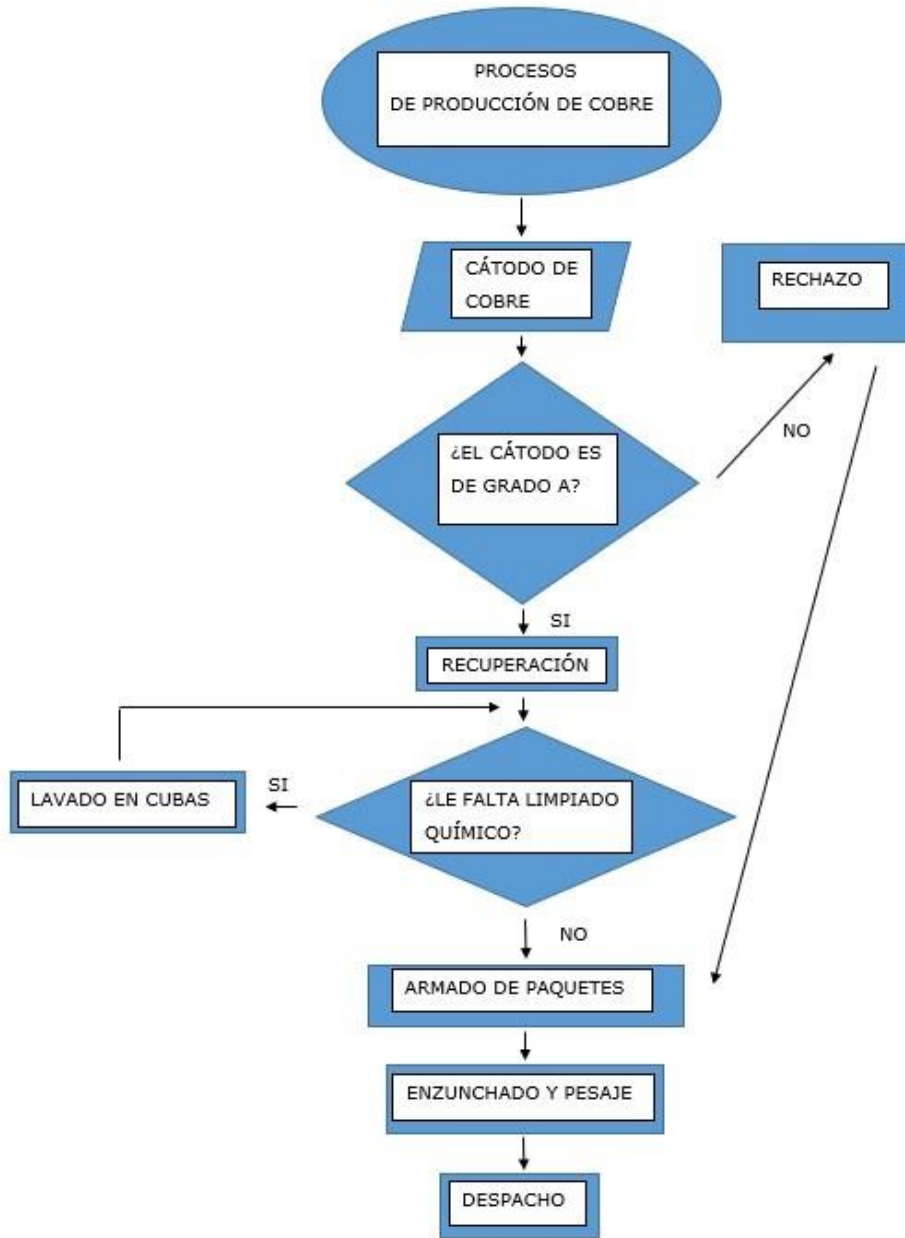
Fuente: Elaboración propia

Figura 1-1. Representación del patio de cátodos empresa contratista "AXINNTUS"



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-2. Representación de bodega de cátodos con sus respectivos sectores



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1-3. Diagrama de flujo de los procesos por los que pasa un cátodo

### 1.1.1. Preparación

En el proceso de la preparación son 5 tipos de procesos derivados de esta en los cuales están:

- Llegada de cátodos.
- Limpieza con agua.
- Recuperación.
- Inspección y escobillado.
- Lavado en cubas.

#### 1.1.1.1. Llegada de cátodos

La llegada de cátodos, (coloquialmente conocida como el parado), es el proceso en donde llega la grúa (Araucanía) al patio con la cuba de cátodos, la cual trae con ella 39 cátodos de cobre y esta grúa los levanta y los deja en las corridas de cátodos, en un día completo aproximadamente llegan 6 grupos de 42 cubas, por lo cual, la producción diaria es de 9.828 cátodos de cobre y cada cátodo pesa entre 120 y 140 kilos, por lo cual al día producen de igual manera 1277,64 toneladas de cobre, en este proceso llegan los cátodos ER y EW.



Fuente: Foto propia sacada en Ventanas

Figura 1-4. Fotografía del proceso de la llegada de cátodos

#### 1.1.1.2. Limpieza con agua

La limpieza con agua (caliente y a presión), es un proceso que se realiza varias veces en esta empresa, en la cual se usa en los cátodos cuando acaban de llegar de la grúa Araucanía como también luego de la recuperación también se usa y esto es para limpiar los cátodos de cualquier desecho o químico que tenga.



Fuente: Foto propia sacada en Ventanas

Figura 1-5. Fotografía del proceso de limpieza con agua a presión

#### 1.1.1.3. Recuperación

Como siguiente proceso de la preparación esta la recuperación en donde en este paso los auxiliares de Axinntus van con unas máquinas neumáticas con cinceles en donde les quitan a algunos cátodos el exceso de nodulación que tienen para poder recuperar a los de grado A (retiro de nódulos con maquina neumática).



Fuente: Foto propia sacada en Ventanas

Figura 1-6. Fotografía del proceso de recuperación con máquina neumática

#### 1.1.1.4. Inspección y Escobillado

Como proceso final para la mayoría de los cátodos viene el siguiente proceso el cual es la inspección y escobillado en donde un inspector trabajador de Codelco decide cuales son grado A, cuales son rechazo o cuales se tienen que ir a un proceso más extenso llamado el Lavado en Cubas, en el proceso el inspector va viendo uno

por uno los cátodos junto al trabajador de Axinntus que los va moviendo y los va marcando con un plumón, si este los marca al medio entre ambas orejas del cátodo, es porque este se refiere que es un rechazo, también este a veces le dice a los trabajadores de Axinntus que escobillen un poco los cátodos para un mayor proceso de limpieza de estos.



Fuente: Foto propia sacada en Ventanas

Figura 1-7. Fotografía del proceso de inspección y escobillado

#### 1.1.1.5. Lavado en cubas

Para aquellos cátodos ER, que aún no se han podido recuperar, se necesita llevarlos al lavado en cubas, en el cual usa ácido sulfúrico diluido para esto, en el cual el proceso se lleva a cabo mediante una celda de lavado, que puede contener hasta dos paquetes de 20 cátodos de cobre, los cátodos de representación también pueden llegar a pasar por el lavado en cubas, sin embargo los cátodos EW, siempre deben pasar por este proceso en el cual los paquetes son conformados por paquetes, que se miden de acuerdo al peso entre 1.800 – 2.500 Kg.



Fuente: Foto propia sacada en Ventanas

Figura 1-8. Fotografía del proceso de Lavado en cubas

### 1.1.2. Armado de paquetes

El armado de paquetes es un proceso en donde un gruero y un auxiliar de Axinntus, van sacando los paquetes del patio para llevarlos a la bodega, para en el futuro pesarlos y enzuncharlos, para lo cual el auxiliar va viendo si tiene las marcas de grado a o de rechazo, para ir avisando al gruero cuales tienen que tomar o no, y luego los depositan de 20 cátodos (10 para un lado y 10 para el otro), en un canastillo para que queden de manera uniforme para el enzunchado y luego se los llevan a la bodega.

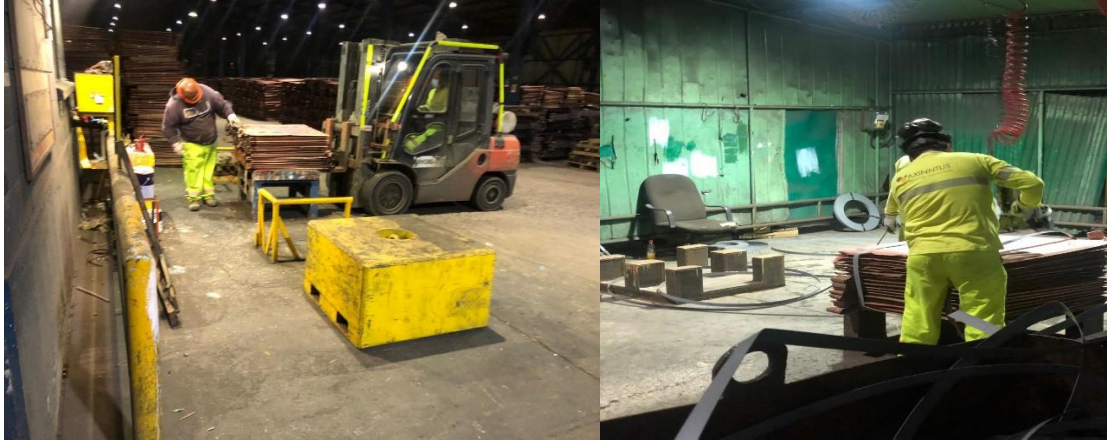


Fuente: Fotos propias sacadas en Ventanas

Figura 1-9. Fotografías del proceso de armado de paquetes

### 1.1.3. Enzuchado y pesaje

Este proceso es muy particular, ya que sólo se realiza de noche, en donde de los paquetes anteriormente mencionados, llevados a la bodega, los llevan las grúas a las estaciones de enzuchado primero y luego a las de pesaje en donde los pintan y les ponen la etiqueta (también pesan y enzunchan ánodos, cajas, laminas, etc.).



Fuente: Fotos propias sacadas en Ventanas

Figura 1-10. Fotografías de los procesos del pesaje y enzuchado

### 1.1.4. Despacho

Este es el proceso en donde ya están listos los paquetes, guardados y llegan los camiones, por lo cual los grueros tienen que sacar los cátodos de la bodega y subirlos a los camiones de manera cuidadosa, con encargados de Codelco supervisando y auxiliares de Axinntus tarjando las etiquetas y también se encuentran paleros para ordenar los cátodos, es importante decir que desde la bodega, se deben recepcionar los cátodos de representación que vienen de diferentes plantas de ENAMI, en donde se deben descargar los paquetes de los camiones para su pesaje y futuro despacho, aunque si están en malas condiciones se deben lavar con la hidro lavadora a presión, lavado químico si lo amerita el personal y enzuchado de ser necesario.



Fuente: Foto propia sacada en Ventanas

Figura 1-11. Fotografía de grúa horquilla, transportando los cátodos a un camión

## 1.1. TABLAS DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN

Las tablas de los procesos de producción son las siguientes, en donde se midieron los tiempos de cada proceso y luego se debieron tomar los tiempos en una planilla Excel, en la cual se recopilaron más de 200 datos, por lo que luego se calcularía un promedio de cada proceso.

Promedios de tiempo de la llegada de cátodos, el armado de paquetes, enzunchado y pesaje y del lavado químico.

Tabla 1-1. Promedio de tiempo del proceso de la llegada de cátodos

	TIEMPO TOTAL
PROMEDIO	0:00:36

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Tabla 1-2. Promedios de tiempo del proceso de la limpieza con agua y la cantidad de cubas limpiadas

	TIEMPO TOTAL	CANTIDAD DE CUBAS
PROMEDIO	0:03:30	3,89

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Tabla 1-3. Promedio de tiempo del proceso del proceso de recuperación en limpiar una cuba

	TIEMPO TOTAL
PROMEDIO	0:03:42

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Tabla 1-4. Promedio de tiempo del proceso de inspección y escobillado en limpiar una correa de cátodos

	TIEMPO TOTAL
PROMEDIO	0:11:00

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Tabla 1-5. Promedio de tiempo del proceso lavado químico

	TIEMPO TOTAL
PROMEDIO	0:04:00

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Promedios de tiempo del armado de paquetes.

Tabla 1-6. Promedios de tiempo del proceso de armado de paquetes

	TIEMPO ARMADO PAQUETE
PROMEDIOS GRADO A	0:02:34
PROMEDIOS RECHAZO	0:11:04

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Promedios de tiempo del enzunchado y pesaje de cátodos.

Tabla 1-7. Promedios de tiempo del proceso de enzunchado

	TIEMPO ENZUNCHAR	TIEMPO TOTAL
PROMEDIOS	0:00:37	0:01:31

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Tabla 1-8. Promedios de tiempo del proceso de pesaje de cátodos

	TIEMPO PESADO	TIEMPO TOTAL
PROMEDIOS	0:00:27	0:01:19

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Promedios de tiempo del despacho de cátodos.

Tabla 1-9. Promedios de tiempo del despacho, en donde se clasifica de acuerdo a que sector sacan los cátodos y cuantas grúas están despachando

PROMEDIO TIEMPO TOTAL CARGADO					
	A	C	D	CENTRAL	TOTAL
1 GRÚA	0:00:00	0:12:00	0:00:00	0:11:00	0:11:00
2 GRÚAS	0:06:30	0:08:46	0:07:52	0:07:07	0:07:34
3 GRÚAS	0:06:36	0:06:04	0:07:34	0:06:28	0:06:37

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

## **1.2. PERSONAL Y MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN**

El personal de la empresa son 7 trabajadores que trabajan en jornadas de 5 x 2 y 62 trabajadores que trabajan en jornadas de 4 x 4, en el turno A (Día) hay 20 trabajadores operativos en donde hay 1 supervisor, 11 auxiliares, 3 auxiliares / operadores y 5 operadores, en el turno B (Noche) hay 12 trabajadores operativos en donde hay 1 supervisor, 6 auxiliares, 1 auxiliar / operador y 4 operadores, el horario de trabajo de los trabajadores en jornada 5 x 2, es de lunes a jueves, en el cual trabajan 10 horas, mientras que los viernes estos se retiran temprano con tan solo 8 horas trabajadas, mientras que los trabajadores 4 x 4 trabajan 12 horas todos los días de la semana, descontando una hora de almuerzo de las 12 PM a 1 PM en el turno A y de 12 AM de 1 AM en el turno B.

La maquinaria de producción usada en esta empresa son 8 grúas horquillas de 3,5 toneladas marca Toyota, 2 hidro lavadores y 2 máquinas enzunchadoras.

También usan diversas herramientas como martillos neumáticos y cinceles en el proceso de recuperación de cátodos, los cuales no están descritas las cantidades de estas, ya que se van reemplazando regularmente ya que estas se desgastan con facilidad.



Fuente: Fotografía sacada en Ventanas

Figura 1-12. Fotografía trabajadores Axinntus

### **1.3. CANTIDAD DE PRODUCCIÓN NECESARIA**

La producción de cobre que producen diariamente se calcula mediante la cantidad de grupos que llegan al día de cubas en la cual al día llegan 6 grupos de 42 cubas en donde cada cuba contiene 39 cátodos y cada cátodo pesa aproximadamente 130 Kg por lo cual multiplicando los 6 grupos por las 42 cubas por los 39 cátodos se estima da que a diario, todos los días de la semana deben producir 9.828 cátodos de cobre o 1.277,64 toneladas de cobre diarias o 52,23 ton por hora o 0,88 ton por minuto de las cuales es necesario cumplir con un mínimo de estas ya que a veces por diversos factores la empresa se atrasa en la cual Codelco les llega a cobrar las siguientes y diversas multas:

- Para el caso de los cátodos electro refinados (Grado A y STD 1 ER), en revisión cada día lunes a las 8:00 horas, se sancionará cualquier atraso que se evidencie por un inventario mayor a 1.000 ton. Por cada día que se exceda este máximo inventario, se descontará un 0,5% del pago mensual correspondiente a este ítem.
- Para el embarque de productos, cada vez de que no se concrete el embarque en los plazos estipulados de acuerdo al programa de despacho semanalmente aportado por la División, se aplicará una multa equivalente al 5% del pago mensual correspondiente a este ítem. Se exceptuará la multa en caso de que el incumplimiento sea exógeno al Contratista. Debido a la importancia de los indicadores establecidos en los puntos anteriores del presente contrato (inventario sobre 1.000 ton. de cátodos electro refinados), el incumplimiento reiterado dará derecho a la División para poner término anticipado al contrato.
- Debido a la importancia de la continuidad operacional en el área de Productos Metalúrgicos, se sancionará con una multa de Cinco Unidades de Fomento (5 UF) cada vez que no exista la continuidad operacional por causa atribuible al contratista, provocando atrasos en la operación de la Superintendencia de Refinería.
- La División estará facultada para aplicar multas de Cinco Unidades de Fomento (5 UF/día) por cada supervisor menor a la cantidad solicitada en las Bases Técnicas, en relación a: Administrador de Contrato, Experto en Prevención de Riesgo, Capataces en terreno.
- Se aplicará una multa de 5% del pago mensual del contrato por cada día de incumplimiento en la disponibilidad de equipos críticos o por el uso de éstos en una calidad menor a la ofertada (grúas horquillas, enzunchadoras, insumos, herramientas, materiales), así como en el incumplimiento de la dotación mínima requerida para operar.

En el mes de marzo del 2021 la empresa preparo 34.374 ton de cobre ER, por lo cual aproximadamente al día dividiendo este valor por los 31 días de este mes, hicieron 1.108,83 ton de cobre diarias, en donde según la preparación de cátodos de cobre, para calcular el total de dinero recaudado de este mes, mediante la preparación de cátodos se usa la siguiente formula:

- $2.561 \text{ CLP} \times (\text{Cantidad toneladas} = 34.374) = 88.031.814 \text{ CLP}$

Luego para el embarque de cátodos el mes de marzo estos embarcaron 38.583 toneladas de cátodos por lo que calculando lo que embarcaron al mes estos embarcaron 1.244,61 ton diarias el mes de marzo, en donde para calcular el total recaudado de este mes se usa la siguiente formula:

- $608 \text{ CLP} \times (\text{Cantidad toneladas} = 38.583) = 23.381.298 \text{ CLP}$

Por lo cual el monto total facturado es en el mes de marzo:

- $88.031.814 + 23.381.298 = 111.413.112 \text{ CLP}$

De estos valores es donde se les resta sus respectivas multas en el cual las dos primeras multas mencionadas anteriormente son las más importantes ya que la primera es para el valor de la preparación y la segunda es para el embarque y las demás son sobre el valor resultante entre estas dos.

Por lo cual el mes de marzo se puede ver que no llego la preparación ni el embarque de cátodos a los 1.277 ton de cobre diarios o 39.587 ton mensuales por lo que podríamos calcular si esta falta de cátodos es suficiente para aplicar las multas y se puede ver que en la preparación les aplicaron multas ya que les falto producir 5.213 ton de cobre en lo cual semanalmente les había faltado 1.303 en donde este valor supera los de los 1000 indicados en la primera multa y por lo cual se les aplicaría 4 veces una multa de 0,5% o un 2% de los 88.031.814 CLP y en el embarque no les habrían aplicado ninguna multa ya que semanalmente solo les faltaron 255 ton de cobre semanalmente y este valor claramente no supera a las 1.000 toneladas por lo que de las 111.413.112 CLP descontando el 2% de la preparación se puede ver que el monto facturado total es de:

- $86.271.177,72 + 23.381.293 = 109.652.471,72 \text{ CLP}$

## **CAPÍTULO 2: PRIORIZAR LOS PROBLEMAS**

## **2. PRIORIZAR LOS PROBLEMAS**

Los problemas que se pueden evidenciar de los procesos de la producción del cobre, son bastantes y se pueden ver de diferentes maneras, algunos problemas de producción están fuera del poder de la empresa Axinntus, ya que esta no es la que está a cargo de todos los procesos, por ejemplo, empezando desde el primer proceso la preparación, se puede ver que en la llegada de cátodos de cobre, las grúas de la empresa Araucanía, demoran un tiempo considerable, de vez en cuando se les caen los cátodos de cobre al suelo, en donde posiblemente se podría mejorar pero no sería factible tratar de proponer eso ya, que se trata de considerar los problemas de la empresa Axinntus, lo que sí se puede hacer es ver si el auxiliar de Axinntus que espera a los cátodos, como el palero, este puede mejorar en sus tiempos de producción, mientras que en la limpieza con agua o en la recuperación se ve que a veces están viendo sus celulares e incluso a veces descansando sobre una pila de cátodos lo cual puede llegar a ser peligroso incluso hacia los mismos trabajadores.

En la recuperación también habían demoras de vez en cuando en la cual las herramientas usadas como los cinceles, debían ser afilados e incluso reemplazados en mitad del trabajo, ya que se rompen debido a su continuo desgaste, en la inspección y escobillado también en donde el inspector de cátodos es de la empresa Codelco, por lo cual no se sabe realmente cuáles son sus tiempos de trabajo, pero en el proceso de escobillado de cátodos de cobre, a veces se notó que no estaba con la escobilla a mano, por lo cual demoraba bastante tiempo de vez en cuando, en encontrar esta escobilla, y finalmente el último proceso de la preparación, que es bastante inusual y solo se hace unos días puntuales de la semana es el lavado en cubas, no habían muchas demoras pero los gueros a veces demoraban bastante en coordinarse con sus respectivas grúas horquillas en traer y retirar los conjuntos de cátodos de cobre.

En el proceso de Armado de paquetes se podrían mejorar los tiempos del grado A y el Rechazo de manera de la velocidad del mismo guero esa sería la mayor muda y también en esto al parecer está influyendo el pavimento y el agua ya que hay unos agujeros de lodo en donde las gueros se demoran ya que tienen que taparlos con unas placas de metal.

En el pesaje y enzunchado se pueden evidenciar bastantes mudas, primero que todo en el Enzunchado que, aunque es un proceso bastante rápido se captó un tiempo de demora cuando el paquete ya está listo y la llegada de la grúa a recogerlo, en el cual esto demora como 40 segundos aproximadamente, para arreglar esta problemática se podría decir que podría haber más grúas o podría existir mejor coordinación entre estas, ya que si hay muchas grúas después en el pesaje a veces se hace una fila de grúas queriendo pesar el cátodo, también contaban los cátodos y lo que pasa es que se tiene que agregar un cátodo ya que tenía 19 y no 20, en el pesaje se hace una fila antes de pesar los cátodos, pero más que eso es un proceso que no se le aprecian muchas mudas ni demoras.

Finalmente, en el Despacho es el proceso en donde más se producen mudas y más se tienen datos de este proceso, por lo que se identificamos las siguientes mudas producidas por sector, cantidad de grúas y descansos, en más detalle se puede evidenciar que el tiempo en el que demoran estas grúas está influenciado por los sectores en los cuales están guardados los cátodos de cobre en donde está el A, C, D y el sector central por el cual el lugar que le queda más lejos a los grueros es el D demorando aproximadamente siete minutos y medio y el más cercano el A demorando cinco minutos y medio en donde se ve que en ese sector es más cómodo para las grúas transitar sin mayores demoras.

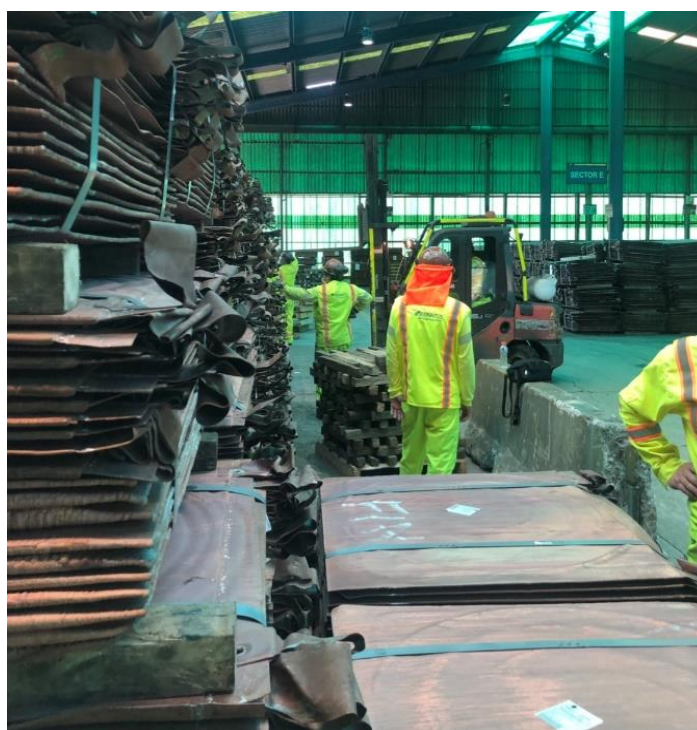
Las cantidades de grúas son un factor importante a considerar porque está claro que por lo general se usan 2 o 3 grúas en donde se ve una diferencia de uno a dos minutos por lo que con 3 grúas demoran menos y es más fácil el trabajo para los operadores, también hay diversos procesos dentro del despacho en donde se demoran más los auxiliares en el tarjado de cátodos, el palero, el movimiento de barrera dura y el inspector de Codelco que debe encargarse de buscar el lote de cátodos que deben retirar.

Estos procesos previamente descritos tienen varios problemas en su desarrollo ya que en el tarjado se ve que demoran como un minuto los auxiliares ya que las etiquetas de los cátodos a veces están un poco borrada en donde no se puede leer el código de barras o a veces la misma maquina tarjadora no funciona correctamente, los paleros a veces demoran en mover todos los materiales de madera a el lote de cátodos y la barrera dura para procurar la seguridad de los trabajadores esta debe ser trasladada por los grueros cada vez que se trasladan a otro sector en donde se vieron varios problemas con esta ya que no tiene ningún lugar de agarre correcto para que la grúa lo pueda mover de forma cómoda y está la agarra de manera que puede ciertamente desgastar la propia grúa horquilla.



Fuente: Foto propia sacada en Ventanas

Figura 2-1. Fotografía de grúa horquilla



Fuente: Foto propia sacada en Ventanas

Figura 2-2. Fotografía de auxiliares tarjando cátodos de cobre

## **2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS TIEMPOS DE MUDA DE LOS PROCESOS EN DONDE SE MUESTRAN LOS PROBLEMAS DE TIEMPO**

Los tiempos de muda en la preparación son los siguientes, descritos a continuación.

En la llegada de cátodos, hay un tiempo que es el de la espera entre una grúa y otra, en la cual estas demoran un promedio de dos minutos y cuarenta segundos, mientras que, en la limpieza con agua, la recuperación y en la inspección y escobillado, no hubo grandes márgenes de tiempo, mientras que en el lavado en cubas el tiempo que demora una grúa en buscar y dejar los cátodos de cobre, es una demora de tres minutos con siete segundos de promedio.

En el armado de paquetes en el loteo o traslado de estos desde el patio de cátodos a la bodega de cátodos de grado A demora en promedio un minuto y diez segundos mientras que los cátodos que son de rechazo demoran un minuto aproximadamente.

En el enzunchado y el pesaje de cátodos se pueden ver varias mudas diferentes en donde en el enzunchado el gruero debe ir a buscar un paquete de cátodos y dejarlo en la estación en el cual este será enzunchado con láminas o zunchos de metal y esto demora 17 segundos y luego en que el paquete queda listo y enzunchado este se demora aproximadamente cuarenta segundos en ser retirado por la grúa siguiente en llegar a buscarlo. En el pesaje también demora aproximadamente 17 segundos en llegar la grúa de la estación del enzunchado y luego demora diez segundos en espera de ser retirado por otra grúa y después de esto las grúas demoran 33 segundos en acopiar los paquetes de cátodos en su determinado sector.

El despacho es el proceso en el cual se pueden observar la mayor cantidad de mudas o demoras de tiempo y es en donde la empresa Axinntus está más preocupada por estos, en donde dependiendo de la cantidad de grúas utilizadas y en que sector están retirando los paquetes de cátodos, estas demoran diferentes cantidades de tiempo. En el sector A con dos grúas demoran un minuto y 21 segundos, mientras que con tres, estas demoran cincuenta y cuatro segundos, en el sector C con dos grúas demoran 52 segundos mientras que con tres demoran 28 segundos, en el sector D demoran con dos grúas un minuto, mientras que con tres demoran un minuto y seis segundos, (único sector en donde el tiempo aumento con más grúas) y finalmente en el sector central en donde con dos grúas demora 35 segundos y con tres demora 26 segundos, finalmente promediando estos resultados de los sectores, da que en total con dos grúas demora 52 segundos aproximadamente y con tres demora 43 segundos en promedio, con una diferencia de nueve segundos.

## **2.2. TABLAS DE TIEMPOS DE MUDAS**

En este segmento se presentará las tablas de las mudas de los procesos de producción se midieron algunos de los tiempos de muda de cada proceso y luego se debieron tomar los tiempos en una planilla Excel.

Promedios tiempos de muda de la llegada de cátodos y de lavado químico.

Tabla 2-1. Promedio de tiempo de muda del proceso de la llegada de cátodos

	MUDA DEL PROCESO
PROMEDIO	0:00:36

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Tabla 2-2. Promedio de tiempo de muda del proceso lavado químico

	MUDA DEL PROCESO
PROMEDIO	0:03:07

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Promedios de tiempos de muda del armado de paquetes.

Tabla 2-3. Promedios del tiempo que demora en transportar los cátodos a la bodega

	LOTEO O TRANSLADO
PROMEDIOS GRADO A	0:01:10
PROMEDIOS RECHAZO	0:01:01

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Promedios de tiempos de muda del enzunchado y pesaje de cátodos.

Tabla 2-4. Promedios de tiempos de muda del proceso de enzunchado

	TIEMPO LLEGADA GRUA	TIEMPO MUDA RETIRADA PAQUETE
PROMEDIOS	0:00:17	0:00:39

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Tabla 2-5. Promedios de tiempos de muda del proceso de pesaje de cátodos

	TIEMPO LLEGADA GRUA	TIEMPO ACOPIO
PROMEDIOS	0:00:17	0:00:35

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Promedios tiempos de muda del despacho.

Tabla 2-6. Promedios de tiempos de muda del despacho en donde se clasifica de acuerdo a de que sector sacan los cátodos y cuantas grúas están despachando

PROMEDIO TIEMPO TOTAL CARGADO					
	A	C	D	CENTRAL	TOTAL
1 GRÚA	0:00:00	0:01:00	0:00:00	0:01:40	0:01:20
2 GRÚAS	0:01:21	0:00:52	0:01:00	0:00:35	0:00:52
3 GRÚAS	0:00:54	0:00:28	0:01:06	0:00:26	0:00:43
PROMEDIO MUDAS	0:01:15	0:01:11	0:01:08	0:00:25	0:00:49

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

### **2.3. PRIORIZACIÓN DE LOS PROBLEMAS PLANTEADOS**

Los problemas planteados anteriormente deben priorizarse ya que hay problemas serios pero que pueden llegar a corregirse debido a sus tiempos esencialmente debido a las multas impuestas de no llegar al plazo correcto de producción de cobre, por lo cual identificaremos 7 causas principales en las cuales serán identificadas en este próximo segmento.

Para empezar las multas esenciales del cobre son las de la producción de cobre y las del despacho en donde si no llegan a producir o despachar 1.000 toneladas de cobre serán multados con 0,5 a 5% del pago mensual, dicho esto en el proceso de despacho es donde hay muchas más mudas de tiempo que en la preparación de cobre, pero de igual manera es importante ya que en el mes de marzo del año 2021 se evidencio que en la producción de cobre no pudieron producir la cantidad de cobre necesaria ya que les faltó producir 1.303 ton de cobre semanalmente mientras que en el despacho no supero las 1.000 toneladas de cobre semanalmente ya que solo se atrasaron con 255 toneladas, este valor aunque es menor no debe pasarse de largo ya que el mes siguiente se seguirá acumulando por lo que lo ideal sería que no se atrasaran con ningún parámetro.

En la preparación del cobre el primer problema de tiempo que se pudo evidenciar es lo que demoran las grúas de la Araucanía en llegar al patio de cátodos, pero como este valor no es de la empresa contratista Axinntus este problema planteado no se podría solucionar sin la participación de la otra empresa, otra muda importante es en el lavado en cubas ya que solo había una grúa transportando los cátodos demorando un tiempo considerable. Además de esto hay varios otros problemas especialmente en el terreno de patio de cátodos en donde el asfalto está bastante dañado en donde tiene agujeros por todos lados y por la limpieza con agua hay barro en donde también puede ser un peligro para los trabajadores por lo que pueden haber accidentes en donde se pueden caer o algo les podría caer encima, además los grueros deben mover varias placas de metal constantemente para tan solo poder trasladarse por estas zonas, esto causa daño en las grúas y hace que todos los procesos en el patio de cátodos sea más tedioso y lento.

Por lo que la prioridad del sector de preparación de cobre sería primero la recuperación ya que se encuentran rupturas de los cinceles de sus máquinas neumáticas creando posibles mudas de tiempo, el proceso de escobillado y finalmente la mantención y mejor manejo de las grúas horquillas ya que se ve mucho que estas dejan caer cátodos al suelo en donde luego deben levantarlos y también chocan causándole grandes daños a largo plazo.

Las prioridades para el proceso de despacho como punto clave e importante es la cantidad de grúas (si es mejor tener dos, tres o incluso más grúas), luego otro punto es la coordinación de los sectores en la bodega, la máquina tarjadora ya que esta no funciona bien y el movimiento de la barrera dura, el próximo punto a tener en cuenta es la calidad del enzunchamiento de cátodos ya que estos se rompen

regularmente al tener que retirar los cátodos guardados teniendo que ser enzunchados nuevamente durante el día y finalmente es que en la bodega hay una plaga de aves especialmente palomas lo cual crea más problemas de lo esperado esencialmente en la lectura del código de barra de los cátodos de cobre ya que estas las dejan sucias no dejando a los auxiliares hacer su trabajo.



Fuente: Foto propia sacada en Ventanas

Figura 2-3. Fotografía del suelo de patio de cátodos



Fuente: Foto propia sacada en Ventanas

Figura 2-4. Fotografía de caída de cátodos



Fuente: Foto propia sacada en Ventanas

Figura 2-5. Fotografía de aves en bodega de cátodos



Fuente: Foto propia sacada en Ventanas

Figura 2-6. Fotografía de los zunchos de metal

De acuerdo a los problemas planteados anteriormente se pudo llegar a la priorización de los problemas por medio de diversas tablas incluyendo la tabla de Pareto.

Tabla 2-7. Problemas de procesos de los cátodos de cobre en orden del flujo de producción

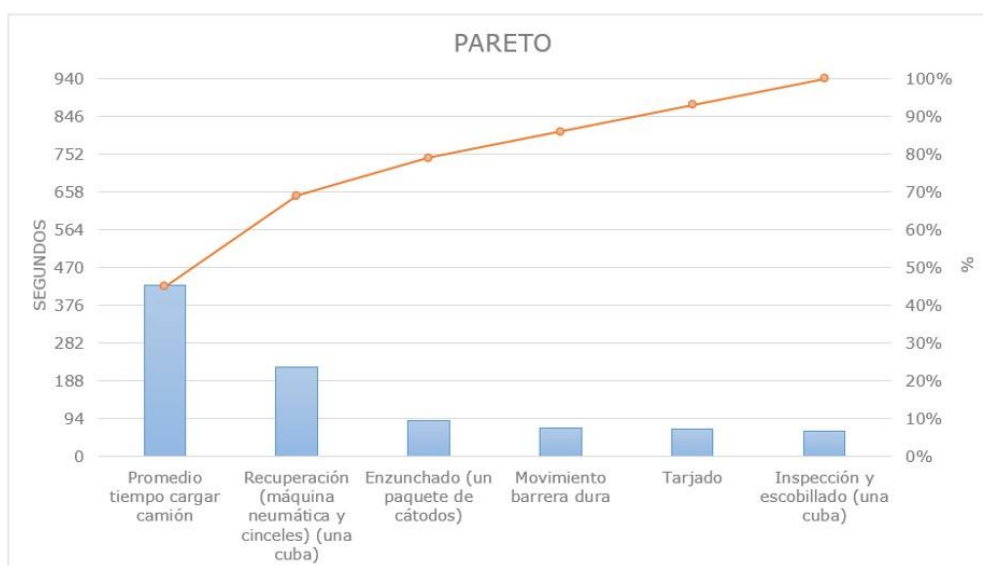
Recuperación (máquina neumática y cinceles) (una cuba)	0:03:42
Inspección y escobillado (una cuba)	0:01:03
Enzunchado (un paquete de cátodos)	0:01:31
Movimiento barrera dura	0:01:11
Tarjado	0:01:08
Promedio tiempo cargar camión	0:07:06
Mantenimiento grúas horquillas	-

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Tabla 2-8. Tabla de Pareto del tiempo de los problemas de procesos de los cátodos de cobre

Promedio tiempo cargar camión	0:07:06	45%	45%
Recuperación (máquina neumática y cinceles) (una cuba)	0:03:42	24%	69%
Enzunchado (un paquete de cátodos)	0:01:31	10%	79%
Movimiento barrera dura	0:01:11	8%	86%
Tarjado	0:01:08	7%	93%
Inspección y escobillado (una cuba)	0:01:03	7%	100%
Mantención grúas horquillas	-	0%	100%
SUMA TIEMPOS:		0:15:40	

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo



Fuente: Planilla de cálculo

Figura 2-7. Diagrama de Pareto en segundos

Tabla 2-9. Problemas planteados en orden de su prioridad para el próximo capítulo

1	Cantidad de grúas en bodega
2	Rupturas y daño de cinceles
3	Calidad del enzunchamiento de cátodos
4	Movimiento de la barrera dura
5	Máquina tarjadora
6	Escobillado patio de cátodos
7	Mantención de las grúas horquillas

Fuente: Elaboración propia

**CAPÍTULO 3: DESARROLLAR UNA PROPUESTA DE MEJORA EVALUANDO  
LA SITUACIÓN**

### **3. DESARROLLAR UNA PROPUESTA DE MEJORA EVALUANDO LA SITUACIÓN**

La propuesta del tercer capítulo de trabajo de título busca calcular los valores asociados de los problemas planteados para poder determinar el valor total de la inversión que se deberá hacer si se quieren mejorar los tiempos de producción en la empresa contratista "Axinntus".

Los problemas son priorizados de acuerdo a su gravedad de tiempos y grado de influencia que tienen en los procesos de producción, estos serán descritos de manera ardua en los siguientes párrafos.

#### 3.1.1. Cantidad de grúas en bodega

La cantidad de grúas necesarias en donde se ven más mudas es especialmente en el proceso del despacho.

Las grúas usan 2 a 4 kg/h (de acuerdo al modelo e intensidad de uso de trabajo) de gas licuado de petróleo o también conocido como GLP, estas usan un cilindro de 15 kilos el cual es utilizado principalmente para abastecer de gas a maquinarias y grúas horquillas, este mide 72 cm de alto, 30 a 38 cm de diámetro y su peso bruto es de 32 kg (contenido más envase), en donde cada kg de gas cuesta aproximadamente 1.000 CLP o 500 pesos si se mide en litros, por lo que rellenar un bidón costaría 15.000 CLP a diario si una grúa consume 3 kg/h esta consumiría 33 kg de gas licuado o de acuerdo al precio 33.000 CLP.

También es importante el precio de las grúas horquillas de 3,5 ton en donde podría ser necesario comprar, aunque no es tan factible poder adquirir una o más ya que cuestan aproximadamente 25.000.000 CLP, aunque de todas formas se encuentran servicios de arriendo de grúas horquilla y hasta se podría contemplar la idea de comprar una usada.

Dicho esto, ahora queda la pregunta de que si es realmente necesario usar dos o tres grúas de acuerdo al precio de las grúas horquillas y su consumo y el precio de sus respectivas multas.

En el despacho se evidencia que con tres grúas el proceso es de seis minutos y medio en todos los sectores mientras que con solo dos los tiempos son de siete minutos y medio, significando que las diferencias de los tiempos de mudas cambian en un 15% por lo cual no es una variable de tiempo tan grande, pero al acumularse después de varias horas de trabajo podrían hacer una real diferencia en el manejo de cátodos ER, los tiempos de mudas del inspector Codelco + barrera dura + tarjado + paleros, fueron reducidos de 50 segundos con dos grúas a 40 segundos con 3 grúas en donde el despacho está en funcionamiento desde las 9 AM hasta las 12 PM en donde los operadores y auxiliares toman un breve descanso de almuerzo y luego continúan por el periodo de la 1 PM hasta las 5 PM en donde terminan de llegar los camiones por el día.

En el horario de 8 AM a 9 AM se usan regularmente dos a tres grúas horquillas mientras que de las 9 AM hasta las 12 PM se utilizan tres grúas horquillas y finalmente después del horario de almuerzo se utilizan solo dos grúas horquillas hasta las 5 PM, aunque si demoran más de este tiempo se pueden quedar hasta las 8 PM despachando en donde en este horario es donde se concentran más en los cátodos de representación y en los subproductos del cobre.

Tabla 3-1. Tiempos de carga dependiendo del horario de trabajo

Hora	Tiempo carga
8-9	0:09:22
9-10	0:07:03
10-11	0:06:36
11-12	0:06:48
13-14	0:06:19
14-15	0:08:16
15-16	0:07:00
16-17	0:09:00

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

La tabla demuestra que a las 8 AM los tiempos de producción son más lentos ya que tienen solo dos grúas y los operadores recién están empezando a trabajar, en donde a las 9 AM el tiempo empieza a disminuir hasta las 11 AM. Luego se aprecia que desde la 1 PM hasta las 5 PM el trabajo empieza nuevamente a ser más lento ya que por lo general solo trabajan solo dos grúas horquillas.

El mes de marzo se evidencio que en el despacho estos embarcaron 38.583 toneladas de cátodos por lo que estos embarcaron 1244,61 ton diarias en donde los camiones embarcaban 11 paquetes de cátodos por camión en donde cada cátodo pesa aproximadamente 130 kg y cada paquete de 20 cátodos pesa 2.600 kg por lo que cada camión fue embarcado con 28.600 kg de cobre o 28,6 toneladas por lo que al día si todos los camiones llevaran 11 paquetes de cátodos (ya que muchos solo llevan 3 o 4) estos serían 45 camiones al día de embarcaciones, por lo que esto significa que por cada hora alcanzan a despachar 6 camiones de cátodos ER grado A y STD 1 de la división, el mes de febrero que tiene 28 días se puede ver que 46 camiones se cargaron en promedio y 1258 toneladas diarias en donde se vio que hubo una producción mayor al mes de marzo de 1244,6 ton.

Tabla 3-2. Camiones cargados el mes de febrero

Transportista	Flota	Nº Camiones Cargados	Toneladas Cargadas
Bernal Fernández	44	1.235	33.699
Servicargo Internacional	8	8	202
Transporte Dunas	6	31	764
Transp. Mardones	4	15	340
Emp. Trans. Choapa	4	7	116
Sin registro	3	3	74
Quimetal Industrial S.A.	1	2	33

Fuente: Elaboración propia

Aun así, en el mes de marzo ni el mes de febrero se lograron embarcar los 1277 ton diarias de cobre de los seis grupos de las 42 cubas por lo que aun que no les aplicaron multas en el despacho, de todas maneras, les falto llegar a la meta de 9828 cátodos de cobre diarios. Por lo que ahora la pregunta reside en maneras de arreglar esta problemática de las grúas en el despacho, por lo cual descartando el factor de arriendo o compra de grúas horquillas, es factible usar más grúas de acuerdo a cuanto gas licuado usan y la cantidad de operadores de grúa horquilla que trabajan en la bodega.

La conclusión final es que si es importante ya que si se contratan más operadores de grúa horquilla con 2 nuevos trabajadores de horario 4 x 4 Turno A (Día) para manejarlas en horario de 1 PM a 5 PM se podría mejorar mucho los tiempos y la facilidad de trabajo de la empresa causando que, usando en ejemplo el mes de marzo en donde hubo un promedio de 2,4 grúas horquillas de 8 AM a 5 PM se puede ver que la diferencia de tiempo es de un minuto y 25 segundos

Tabla 3-3. Promedios por camión mes de marzo

PROMEDIO 1 y 2 GRUAS	PROMEDIO 3 GRUAS	PROMEDIO TOTAL
0:08:43	0:07:18	0:07:59

Fuente: Elaboración propia con datos de planilla de cálculo

Al ver estos datos se llegó a la conclusión que es óptimo tener una grúa más operando ya que si fueran 3 significa que se ganarían 30 minutos y 51 segundos en la operación y se podría usar ese tiempo para agregar 4 camiones más a la fila de despacho en el cual se llegaría a la meta estimada de producción de 1.277 cátodos de cobre ER diario o 39.587 ton mensuales e incluso superando la meta, ya que se agregarían 114,4 toneladas de cobre diarias a el despacho en el cual quedaría resultante como 1.359 toneladas de cátodos despachados al día por lo cual el monto

facturado el mes de marzo en el embarque aumentaría de 23.381.298 CLP, por medio la formula del monto facturado:

- $608 \text{ pesos} \times (\text{Cantidad toneladas} = 38.583 + 3.546,4 \text{ (agregado de } 114,4 \text{ ton} \times 31 \text{ días mes de marzo)})$
- $608 \times 42.129,4 = 25.614.675,2 \text{ CLP}$

De acuerdo a estos datos, al tener 3 grúas en la operación la compañía ganaría 2.233.377,2 CLP mensuales adicionales pero de todas maneras descontando el uso de gas licuado el cual usaría esta grúa de todas maneras tiene un costo, ya que usa una grúa 33.000 a diario solo para el gas licuado, de manera en que al valor de 2.233.377,2 CLP se le restarían 1.023.000 CLP, quedando como verdadera ganancia de la empresa en 1.210.377,2 CLP lo cual de todas maneras es un gran aporte también para no acumular cátodos de cobre en la bodega y ser multados por Codelco.

### 3.1.2. Rupturas y daño de cinceles

Los cinceles en el proceso de recuperación son importantes en donde se usan martillos neumáticos a los que se les aplican cinceles para la retirada del exceso de nódulos en los cátodos STD 1 de cobre.

Estos cinceles según los datos de la empresa son reemplazados con cada 3 veces con una cantidad de 52 cinceles por lo que se puede apreciar que cada mes se reemplazan con 17,3 cinceles y diariamente se dañan 0,57 cinceles, esto causa pérdidas de tiempo en donde en el proceso de recuperación demora tres minutos y 42 segundos un auxiliar en recuperar una cuba en donde en este tiempo a veces el trabajador debe detenerse para reemplazar sus herramientas o afilar los cinceles ya que con su uso continuo se desgastan a tiempos elevados.

Tabla 3-4. Numero de cinceles ocupados

TIEMPO	CANTIDAD CINCELES
3 MESES	52
1 MES	17,33
1 DIA	0,57

Fuente: Elaboración propia

Las propuestas de mejora para esta problemática para bajar el costo y el tiempo del sector de recuperación es primero que todo los recuperadores deben usar los cinceles de acuerdo a lo posible y no intentar forzar más de lo posible un nódulo de cobre si este presente que va a llegar la ruptura del cincel, sino que puede que el problema sea el de dar más filo al cincel en el cual se le podría alargar la misma vida de este, otra problemática es en donde puede que los cinceles no sean de una alta

calidad en la cual si se compraran menos cinceles pero de más calidad podrían verse afectados positivamente los costos del proceso.

Cada cincel cuesta en específico 30.950 CLP por lo que mensualmente este proceso tiene un costo de 536.000 CLP en el cual si se redujeran las cantidades de cinceles utilizados de 52 cada tres meses a 40 se disminuiría el tiempo de la recuperación y el costo por lo que si el proceso demoraría tres minutos con 30 segundos y el costo de los cinceles a 412.700 CLP.

Ya que en el día y noche del patio de cátodos y en el proceso de recuperación llegan 6 grupos de 42 cubas esto significa que demoran 15 horas y 32 minutos en terminar pero al ser tres minutos y medio el proceso demoraría 14 horas con 42 segundos, en esta cantidad de tiempo alcanza para agregar 15 cubas más de cobre en el cual se traduce a 585 cátodos de cobre más producidos o 76,05 ton más de cátodos de cobre producidos en el cual usando la fórmula de facturación de la preparación de cátodos sería de:

- $2.561 \text{ CLP} \times (\text{Cantidad toneladas} = 34.374 + 76,05) = 88.226.578 \text{ CLP}$

Aumentando de la cantidad pasada de 88.031.814 CLP en 194.764 CLP sumando el hecho de que se usaron menos cinceles en el proceso de 371.400 CLP quedaría como ganancia 566.164 CLP.

### 3.1.3. Calidad del enzunchamiento de cátodos

La calidad del proceso de enzunchamiento de los paquetes de cátodos de cobre con zunchos es un proceso importante en donde estos a veces se rompen al ser manipulados por los grueros creando mudas de tiempo ya que deben enzunchar nuevamente los cátodos creando pérdidas de tiempo y material, en la bodega hay una estación de enzunchamiento en la cual se disponen 2 máquinas enzunchadoras neumáticas con troquelado, con capacidad multifunción (tensión, sellado y corte), ideal para zunchos de acero, marca Garibaldi, modelo A383.32, por lo que las propuestas de mejora son las siguientes.

Los zunchos son de acero inoxidable en donde las maquinas aplican tensión y luego sellan por medio de elevadas temperaturas y finalmente cortan el zuncho restante en donde por ese medio todo funciona perfectamente, el problema viene en donde los auxiliares en los cátodos ER solo aplican dos enzunchamientos por cada paquete de cátodos pero se piensa necesario ya que esta falla de la ruptura de zunchos es bastante frecuente en usar un tercer zuncho que podría ir de manera horizontal a los otros zunchos asegurando su posicionamiento y aplicando mayor resistencia, luego el siguiente factor es nuevamente el manejo de las grúas horquillas en donde los operadores por tiempo o falta de experiencia no saben siempre tratar de hacer el mínimo daño en los paquetes de cátodos en donde son manipulados de manera más brusca de lo habitual.

Al romperse los zunchos de metal causa que una de las 2 a 3 grúas deba ir a enzunchar el paquete de cátodo durante el día causando una demora de 15 minutos con un gruero menos, esto sucede aproximadamente 25 veces al día en donde si se

queda una grúa sola el tiempo de producción baja de siete minutos y medio a 11 minutos y si quedan dos grúas de las tres, el tiempo baja de seis minutos y medio a siete y medio, por lo que se puede inferir que demora dos minutos aproximadamente de demora cada vez que se rompen los zunchos de un paquete de cátodos, y al ser 25 diarios esto significa que se pierden 50 minutos en el despacho debido a estas mudas de tiempo en la cual se podrían despachar siete camiones más significando un tonelaje agregado de 200,2 ton en donde según la fórmula:

- $608 \text{ pesos} \times (\text{Cantidad toneladas} = 38.583 + 6.206,2 \text{ (agregado de 200,2 ton} \times 31 \text{ días mes de marzo)})$
- $608 \times 44.789,2 = 27.231.833,6 \text{ CLP}$

De acuerdo a estos datos, la compañía ganaría 3.850.535,6 CLP mensuales adicionales.

#### 3.1.4. Movimiento de barrera dura

El movimiento de la barrera dura es un procedimiento importante que se encarga de la seguridad de los trabajadores auxiliares para evitar choques y atropellos en el área del despacho en la cual cada vez que esta cambia de sector en la bodega demora aproximadamente un minuto y 11 segundos por lo que las propuestas de mejora para disminuir este tiempo son las siguientes.

Primero que todo la manera en que estas barreras de hormigón están hechas no tienen verdaderamente ninguna forma de agarre por las grúas horquillas por lo que solo son empujadas por estas creando posibles daños en las mismas horquillas debido a la presión inapropiada ya que estas no están hechas para empujar materiales de esa manera por lo que se le podrían averiar de manera continua con el tiempo y además haciendo esto es más lento que tan solo levantándolas por lo que es importante cambiar estas barreras por unas que tengan el adecuado mecanismo de agarre para ser transportadas más fácilmente o arreglar estas barreras mediante modificaciones en las cuales se les podrían agregar agujeros en la parte inferior donde las grúas podrían agarrarlas correctamente, el otro problema es que no hay suficientes barreras (solo 1 en la bodega) en donde tiene que ser transportada largas distancias cada vez que cambian de sector en la cual creemos importante invertir en estas para que no sea tan tedioso el mismo proceso.

Los tiempos que se podrían mejorar del movimiento de la barrera dura son las mudas de un minuto con 11 segundos en donde se busca eliminar 30 segundos a los 45 camiones diarios para ver un aumento de producción de 20 minutos y 30 segundos por lo que el despacho se vería beneficiado ya que el promedio total de las grúas bajaría de siete minutos y medio a siete y medio en donde al día estos despacharían 2 a 3 camiones más significando 71,5 ton de cobre más despachado causando una ganancia del valor inicial explicado en la siguiente fórmula:

- $608 \text{ pesos} \times (\text{Cantidad toneladas} = 38.583 + 2.213,4 \text{ (agregado de 71,4 ton} \times 31 \text{ días mes de marzo)})$
- $608 \times 40.796,4 = 24.804.211,2 \text{ CLP}$

De acuerdo a estos datos, la compañía ganaría 1.422.913,2 CLP mensuales adicionales descontando la compra de barreras de hormigón modificadas en la bodega al valor de 1.422.913,2 CLP se le restarían 500.000 CLP de la compra de cinco nuevas barreras ya que solo hay una, de esta manera teniendo una por cada sector, quedando como ganancia de la empresa final en 922.913,2 CLP.

### 3.1.5. Máquina tarjadora

La máquina tarjadora es importante ya que agilizan los procesos de venta y ofrecen un mejor servicio, pero en el despacho evidencia varias mudas de tiempo en las cuales se ve que demoran aproximadamente un minuto y ocho segundos en tarjar al cambiar de sector en la bodega de cátodos por lo que se identificaron varios problemas y maneras de solucionarlos para intentar reducir este tiempo.

La demora de la lectura del código de barra es causada por la misma maquina tarjadora, la posición la etiqueta con el código de barras y la misma visibilidad de esta en donde a veces por razones externas estas se dañan y se vuelven imposibles de leer con la maquina lectora.

La propuesta de mejora seria primero que todo cambiar la maquina ya que en el periodo de practica se comentó mucho acerca de que ya no funciona correctamente en donde una buena maquina tarjadora inalámbrica cuesta entre unos 50.000 a 100.000 CLP por lo cual se debe invertir para mejorar la situación, también un proceso que haría más fácil la labor para el auxiliar en el despacho que debe tarjar los cátodos seria dejar la etiqueta posicionada envés de en el centro de los cátodos de cobre en la esquina o hasta en las orejas de los cátodos en donde el auxiliar podría tarjar todos los cátodos instantáneamente en vez de esperar que las grúas horquillas los levanten para dejar visibles sus etiquetas y como última propuesta está la visibilidad de las propias etiquetas en donde debido al polvo, humedad y daño en estas se pierde su visibilidad por lo que los cátodos deben ser despachados más rápidamente ya que mientras más rápido se despachan los cátodos y no son dejados en la bodega básicamente olvidados en donde son deteriorados por las condiciones ambientales.

La cantidad de aves (especialmente palomas) en el interior del patio de cátodos es realmente muy grande en donde esto crea problemas desde la higiene de los trabajadores hasta los procesos de producciones de los auxiliares tarjadores.

Las condiciones de trabajo descritas anteriormente son importantes ya que estas son capaces de transmitir enfermedades y bacterias, además, varias veces han ensuciado las etiquetas de los cátodos de cobre haciendo más costoso el trabajo del auxiliar tarjador el cual tarda más en su trabajo.

Con todo esto anteriormente dicho la propuesta de mejora seria intentar eliminar a estas y sacarlas de la bodega de cátodos en donde tienen nidos en el techo y un grupo bastante grande, la manera más humana de realizar esto primero que todo sería mediante el uso de púas anti-palomas en las cuales se pueden implementar en el techo de la bodega para que estas no descansen ni formen nidos y también



### 3.1.6. Escobillado patio de cátodos

La cantidad de escobillas en el patio de cátodos, también se vio como una muda importante, en la cual el proceso de inspección y escobillado demora un alto tiempo de 11 minutos, en medir una correa entera de 10 a 11 cubas en la cual, parte de este tiempo, es por el inspector de Codelco que debe identificar cuáles son grado A o STD 1 y marcarlos.

En el escobillado sucedía muchas veces que no había escobillas suficientes o estaban guardadas en la infraestructura de la empresa, en la división Ventanas, por lo que se demoraban en iniciar el proceso un tiempo considerable. Debido a esto, como propuestas de mejora, será como punto más importante tener las escobillas a mano y no hacer que el inspector de Codelco se quede esperando, en donde estaría gastando su tiempo laboral y aumentar la rapidez de la disponibilidad de estas se podría aumentar su tiempo en el cual demoran un minuto en inspeccionar y escobillar a 50 segundos y en del patio de cátodos en el proceso de inspección y escobillado llegan 6 grupos de 42 cubas esto significa que demoran cuatro horas y 12 minutos en terminar pero al ser 50 segundos el proceso demoraría tres horas y media, por lo que en esta cantidad de tiempo alcanzan agregar 50 cubas más de cobre en el cual se traduce a 2100 cátodos de cobre más producidos o 273 ton más de cátodos de cobre producidos en el cual usando la fórmula de facturación de la preparación de cátodos sería de:

- $2.561 \text{ CLP} \times (\text{Cantidad toneladas} = 34.374 + 273) = 88.730.967 \text{ CLP}$   
Aumentando de la cantidad pasada de 88.031.814 CLP en 699.153 CLP.

### 3.1.7. Mantenimiento de las grúas horquillas

Las grúas horquillas son máquinas que requieren de mucha mantención que cuesta dinero y tiempo de la empresa, en donde sus problemas residen en los trabajadores que no son experimentados con ellas, ya que las tratan de manera brusca y estas también son deterioradas por medios externos, como el del pavimento que está en malas condiciones, en el periodo de práctica siempre se vio que había por lo menos una o dos grúas siempre en el sector de mantenimiento, en el cual hay un técnico mecánico, el cual este se aseguraba de saber qué tipo de repuestos son necesarios para que las máquinas vuelvan a funcionar a la normalidad, especialmente respecto a fallas en el sector de los neumáticos.

Por lo que nuestras propuestas de mejora serían principalmente acortar los tiempos en los que las grúas están siendo tratadas por medio de una mayor formación acerca del uso de estas, en donde se debe explicar a los trabajadores que no deben ser forzados a usarlas de manera incorrecta, debidos a los cortos tiempos de producción, sino que deben tomar su tiempo y pensar antes de tomar acciones apresuradas, ya que pueden causar choques, atropellos, atrapamientos, aplastamientos y vuelcos de esta, en donde deben haber elementos mínimos de seguridad de las grúas horquillas, como la estructura de seguridad de cabina de la

grúa, el sistema de frenos, cinturón, neumáticos, faros de uso nocturno, placas de identificación y el espejo retrovisor.

Las políticas generales deben seguir de manera que las tareas de mantenimiento que signifiquen una intervención del equipo, sólo pueden ser realizadas por personal competente y debidamente acreditado, es decir, que cuenten con capacitación del fabricante y una capacitación interna debidamente aprobada, al cambiar los neumáticos, se deben utilizar para el reemplazo solamente aquellos que hayan sido homologados por el fabricante.

El pavimento en el patio de cátodos, afecta negativamente al trabajador en funcionar al cien por ciento de manera activa y eficaz, los cuales sin duda afectan negativamente en los tiempos de producción, en donde en el pavimento de asfalto, es visible el daño que hay, en donde se producen agujeros con barro de la limpieza de cátodos, en las cuales no dejan a los grueros hacer su trabajo fácil y rutinariamente, teniendo que acomodarse a la situación, esto puede causar graves daños en las grúas, en donde es una de las principales razones del malfuncionamiento de ellas, ya que al recibir muchos golpes puede causar problemas en sus ruedas delanteras y traseras, las grúas horquilla tienen cuatro ruedas en donde las ruedas delanteras, que son más grandes que las traseras, en donde los repuestos cuestan entre 100.000 y 200.000 CLP por lo que se debe tener un presupuesto mayor del cambio de neumáticos, en los cuales se recomienda cambiarlos cada uno a dos años para cada grúa horquilla.

### **3.2. INVERSIÓN FINAL**

Para la inversión de un proyecto anual, para los cinceles que cuestan 30.950 CLP c/u, son 40 cinceles y se compran cada 3 meses y daría 4.952.000 CLP, para la barrera de hormigón de 100.000 CLP c/u, son 5 barreras para ocupar por los sectores requeridos y daría 500.000 CLP, en cuanto a las grúa y trabajadores, estas cuestan 25.000.000 CLP para la grúa, añadiendo a dos trabajadores de jornada 4x4 que cobran 600.000 CLP c/u mensualmente, costaría 39.400.000 CLP para la inversión, para el gas licuado se gasta aproximadamente 33.000 CLP al día para la nueva grúa horquilla, por lo que se necesitaría para un año 12.045.000 CLP, para la plaga de aves los implementos costaran 200.000 CLP y para la compra de la compra de la nueva máquina tarjadora esta costaría 100.000 CLP.

Tabla 3-5. Cuadro de costos

ARTÍCULO	COSTO	CANTIDAD	TOTAL
GRÚA HORQUILLA	\$25.000.000	1	\$25.000.000
GAS LICUADO (DIARIO)	\$33.000	365	\$12.045.000
OPERADORES ADICIONALES (600.000 CLP MENSUAL)	\$7.200.000	2	\$14.400.000
CINCEL	\$30.950	160	\$4.952.000
BARRERA HORMIGON	\$100.000	5	\$500.000
MÁQUINA TARJADORA	\$100.000	1	\$100.000
HERRAMIENTAS CONTROL DE AVES EN BODEGA	\$5.000	40	\$200.000
SUMA TOTAL:			\$57.197.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-6. Cuadro de ganancias adicionales

PROCESOS	MENSUAL	ANUAL
Promedio tiempo cargar camión	\$2.233.377	\$26.800.524
Recuperación (maquina neumática y cinceles) (una cuba)	\$566.164	\$6.793.968
Enzunchado (un paquete de cátodos)	\$3.850.535	\$46.206.420
Movimiento barrera dura	\$1.422.913	\$17.074.956
Tarjado	\$1.422.913	\$17.074.956
Inspección y escobillado (una cuba)	\$699.153	\$8.389.836
Mantenición grúas horquillas	-	-
SUMA TOTAL:	\$10.195.055	\$122.340.660

Fuente: Elaboración propia

Por lo que el costo para la inversión final para mejorar los procesos de la empresa contratista, daría un total aproximado de 60.000.000 CLP, en donde en cada mes se estaría ganando 10.195.055 CLP adicionales, en donde se ocupara el 100% de las ganancias a la recuperación de lo invertido y en tan solo el sexto mes de la inversión, se recuperara el dinero invertido.

Se bajarán las multas por las mejoras de tiempo y pasando el sexto, mes se le agregaran aproximadamente 10.000.000 CLP más, de las ganancias anteriores que rondaban entre los 110.000.000 CLP.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En conclusión, de identificar los procesos de producción de la empresa mediante tablas y un diagrama de flujo, indicando problemas asociados al tiempo, se pudo apreciar en primera instancia, se manifiesta la información de los procesos de preparación de cátodos de cobre por parte de la empresa, visibilizando su importancia, eficacia, personal, maquinaria y tiempos de trabajo, además incluyendo tablas que avalan la información entregada y representada por un diagrama de flujo por lo que la información entregada es de mucha utilidad para entender el contexto de trabajo, encontrando problemas en la cantidad de grúas, personal de trabajo, ruptura y cantidad de cinceles, maquina tarjadora, escobillado y calidad de los enzunchamientos en donde los tiempos varían de 30 segundos hasta 11 minutos dependiendo del proceso indicado.

En conclusión, de la priorización de los problemas detectados en el proceso de producción mediante la tabla de Pareto, proponiendo posibles soluciones a los problemas críticos, se pudo manifestar los tiempos de cada proceso, las subactividades que estos poseen y en qué momentos hay pérdidas de trabajo o mudas de tiempo. Esto con el fin de poder dar a conocer, en qué aspectos se podrían trabajar, notoriamente en el apartado de los tiempos, en donde se identifican los problemas y se da a conocer la situación, identificando los momentos en donde más se pierde tiempo y haciendo una lista de mejora, dependiendo de la urgencia y necesidad por lo que se llegó a poder identificar las lagunas de tiempo y dar una prioridad e importancia a la mejora de estas pérdidas de tiempo, de acuerdo a Pareto se van a priorizar los problemas de las grúas y trabajadores, cantidad de cinceles, barreras duras y sistemas de anti plagas de palomas.

En conclusión, de evaluar las posibles soluciones de acuerdo a indicadores económicos estableciendo la mejor alternativa de la inversión, para dar respuesta a estos problemas ya planteados, se dio una iniciativa económica, un proyecto, en el cual se atacan los problemas que se pudieron visibilizar anteriormente, dando una pauta de mejoras. En donde hay una inversión por parte de la empresa, un plan de acción de compra de maquinaria, herramientas y personal de trabajo y un estudio económico para avalar la rentabilidad de este proyecto, a través de cálculos de tiempos y el retorno del dinero invertido, por lo que se pudo dar este plan de acción, que fuera viable y aplicable al contexto de la empresa, se necesita una inversión de alrededor de 60.000.000 CLP para poder solventar las propuestas de mejora, en donde en el sexto mes se recuperara el dinero inicial, ya que se ganaran unos 10.000.000 CLP adicionales a la facturación total mensual, en donde las multas no se pudieron eliminar totalmente, pero si se disminuyeron los atrasos y aumento la producción de cobre, por lo cual, la empresa terminaría ganando mensualmente aproximadamente, en el mes de marzo en el patio de cátodos 88.031.814 CLP + 1.265.317 CLP = 89.297.131 CLP, pero a este valor aún se le resta un 2% de

respectivas multas reducidas, quedando como ganancia final en el patio de cátodos de 87.511.188 CLP, mientras que en la bodega estos ganan,  $23.381.298 \text{ CLP} + 8.929.738 \text{ CLP} = 32.311.036 \text{ CLP}$  quedando como ganancia final sin tener que descontar multas a este, por lo que los valores del patio y la bodega sumados, dan como valor aproximado de 120.000.000 CLP aumentando las ganancias de la empresa de manera considerable.

Como conclusión final, se hizo un análisis de los procesos de la empresa para aumentar la producción en donde se vieron los tiempos de estos para calcular en que momentos se pueden mejorar y un plan de acción económico para corregir estos problemas de tiempos en donde se bajarán las multas por las mejoras de estos en el patio de cátodos de 0,5%, se eliminarían en el sector de bodega de 5% y la multa total de 5% por disponibilidad de equipos críticos.

Para las recomendaciones se trabajará en poder seguir analizando, por parte la empresa, todas las acciones de mejoras posibles para evitar las multas por parte de Codelco, hacer un análisis crítico y seguir implementando nuevas tecnologías, empezar a corregir los problemas encontrados y darles una solución con urgencia dependiendo del problema. Poder cada cierto tiempo hacer una mantención como corresponde a los equipos mineros, dar garantías a sus trabajadores y siempre tener en mente poder seguir creciendo como empresa.

## **BIBLIOGRAFÍA**

[https://www.codelco.com/glosario/prontus\\_codelco/2016-06-22/175933.html#vtxt\\_cuerpo\\_T4](https://www.codelco.com/glosario/prontus_codelco/2016-06-22/175933.html#vtxt_cuerpo_T4)

<https://www.jungheinrich.cl/productos/gruas-horquilla-nuevas/gruas-horquilla/gruas-horquilla-a-gas>

<https://www.abastible.cl/producto/cilindro-vma-15-kilos/>

<http://www.bencinaenlinea.cl/web2/>

<https://www.ricoasphalt.com/cuanto-tiempo-tarda-en-curarse-el-asfalto#:~:text=Toma%20aproximadamente%20entre%206%20meses,solo%20to mar%20unas%20cuantas%20horas.>

<https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2020/04/Recomendaciones-de-actuacion-en-lugares-de-trabajo.pdf>

<https://www.ultraport.cl/pdf/uso-mantenimiento-gruas-horquillas.pdf>

<https://alfapest.cl/blog/control-de-plagas/como-eliminar-plaga-de-palomas-5-metodos-utiles/>

## **ANEXOS**

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Vm77MCi2MFwK5-jgHEy1ZmDn33qraHu8/edit?usp=sharing&ouid=116205785364661427508&rtpof=true&sd=true>